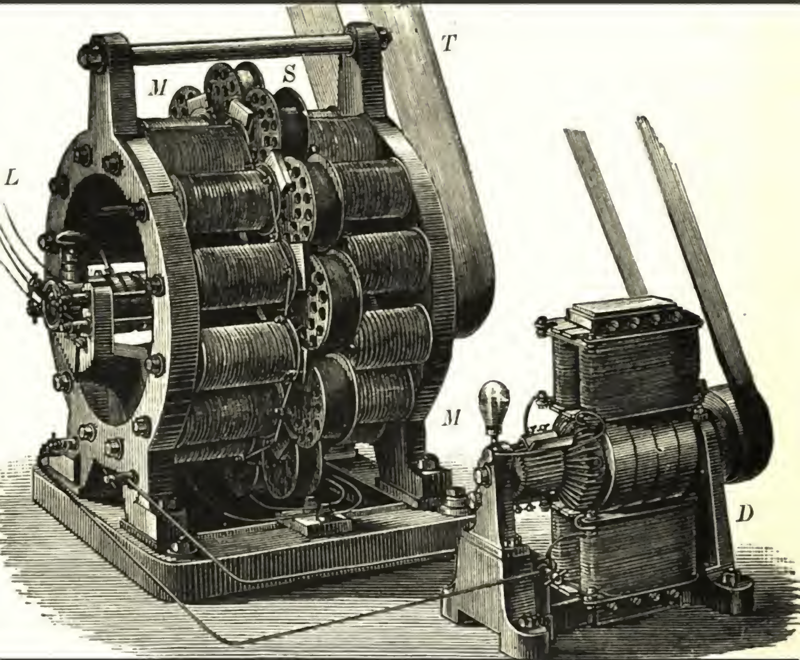
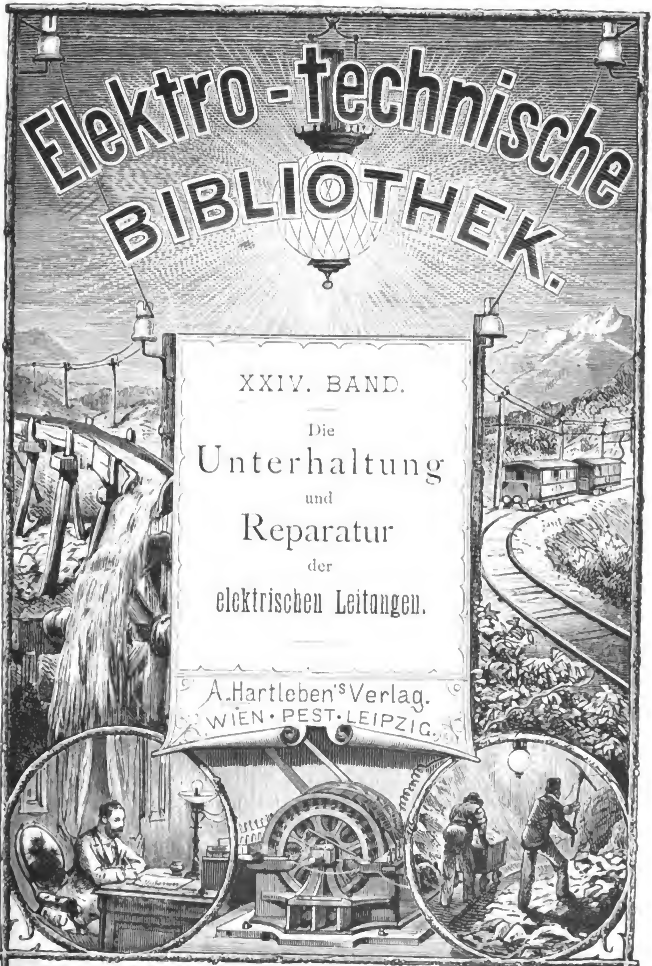


Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen für ...

Johannes Zacharias


Elektro-technische
BIBLIOTHEK.
XXIV. BAND.
Die
Unterhaltung
und
Reparatur
der
elektrischen Leitungen.
A. Hartleben's Verlag.
WIEN · PEST · LEIPZIG.

A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

In reich illustrirten Bänden, geheftet à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop.
Elegant gebunden à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.

Inhalt der Sammlung.

I. Band. **Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen** und die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Von Gustav Glaser-De Cew. Vierte Auflage. — II. Band. **Die elektrische Kraftübertragung** und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. Zweite Auflage. — III. Band. **Das elektrische Licht.** Von Dr. A. v. Urbanitzky. Zweite Auflage. — IV. Band. **Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen.** Eine Beschreibung der hydro- und thermo-elektrischen Stromquellen mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. Zweite Auflage. — V. Band. **Die Verkehrs-Telegraphie,** mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. **Telephon, Mikrophon und Radiophon,** mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze. Zweite Auflage. — VII. Band. **Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung,** mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing. Zweite Auflage. — VIII. Band. **Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente.** Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. Zweite Auflage. — IX. Band. **Die Grundlehren der Elektricität,** mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. — X. Band. **Elektrisches Formelbuch** mit einem Anhange, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. **Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen,** mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. von Urbanitzky. Zweite Auflage. — XII. Band. **Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen.** Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. **Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie.** Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. **Die Haus- und Hôtel-Telegraphie.** Von O. Canter. — XV. Band. **Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke.** Von Dr. Fr. Wächter. — XVI. Band. **Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis.** Von J. Zacharias. — XVII. Band. **Die elektrische Eisenbahn** bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. **Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde.** Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski. — XIX. Band **Die Spannungs-Elektricität, ihre Gesetze, Wirkungen und techn. Anwendungen.** Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. **Die Weltliteratur der Elektricität und des Magnetismus, 1860—1883.** Von G. May. — XXI. Band. **Die Motoren der elektrischen Maschinen** mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Th. Schwartze. — XXII. Band. **Die Generatoren hochgespannter Elektricität.** Von Prof. Dr J. G. Wallentin. — XXIII. Band. **Das Potential und seine Anwendungen** bei der Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlirz. — XXIV. Band. **Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen.** Von J. Zacharias. — XXV. Band. **Die Mehrfachtelegraphie auf einem Drahte.** Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. **Die Kabeltelegraphie.** Von Max Jüllig. — u. s. w., u. s. w.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.
Preis geheftet a 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop.; elegant gebunden a 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop. Die Sammlung kann auch in Lieferungen à 30 Kr. = 60 Pf. = 80 Cts. = 36 Kop. bezogen werden.

Einzelne Werke werden nur in der Bandausgabe ausgegeben.
Einbanddecken pro Band 40 Kr. = 75 Pf. = 1 Fr. = 45 Kop.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Die

UNTERHALTUNG UND REPARATUR

der

ELEKTRISCHEN LEITUNGEN

für

alle Zwecke der Praxis.

Von

J. ZACHARIAS.

Mit 94 Abbildungen.

WIEN. PEST. LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1884.

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Vorwort.

Nach dem ursprünglichen Plane sollte die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen im XVI. Bande der elektrotechnischen Bibliothek einen Platz erhalten. Im Laufe der Arbeit stellte es sich jedoch gar bald heraus, dass dies des beschränkten Raumes halber nicht möglich sei. Eine Theilung des Stoffes ist nicht allein in der Verschiedenheit der Arbeiten begründet, welche bei Herstellung und Unterhaltung der Leitungen in Betracht kommen, sondern hat auch eine viel gründlichere Behandlung ermöglicht, welche die Brauchbarkeit des Werkes nur erhöhen kann.

Auch hier, wie beim Leitungsbau, war es die Telegraphie, welche uns diese Specialtechnik gelehrt hat, und wollen wir an der Hand der einschlägigen Arbeiten diesen besonderen Zweig der Elektrotechnik kennen lernen und daraus die Regeln für die Unterhaltung und Reparatur anderer elektrischer Leitungen, welche der Beleuchtung etc. dienen, ableiten.

Möge das Werk dieselbe günstige Aufnahme finden, wie »Der Leitungsbau«. Allen den Herren, welche bereitwilligst durch Mittheilungen und Figuren die Herstellung desselben unterstützten, ganz besonders aber der deutschen Edison-Gesellschaft, sowie der Verlagsbuchhandlung, welche es auch in diesem Bande an schöner Ausstattung nicht hat fehlen lassen, sage ich hiermit meinen verbindlichsten Dank.

J. Zacharias.

Inhalt.

Illustrations-Verzeichniss.

Die absoluten Masseinheiten.

I. Grundeinheiten.

1. Längen- oder Entfernungseinheit ist 1 Centimeter = 1 cm
2. Masseneinheit ist 1 Gramm = 1 g.
3. Zeiteinheit ist eine Secunde = 1 S.

II. Abgeleitete Einheiten.

A. Mechanische Einheiten.

4. Krafteinheit ist diejenige Kraft, welche eine Secunde lang auf die frei bewegliche Masseneinheit wirkend, dieser die Geschwindigkeit von 1 cm in der Secunde ertheilt.

5. Arbeitseinheit ist diejenige Arbeit, welche von der Kraft einheit bei Verschiebung der Masseneinheit um die Längeneinheit geleitet wird.

B. Magnetische Einheiten.

6. Einheit der magnetischen Quantität ist diejenige Quantität, welche auf eine gleich grosse in der Entfernungseinheit die Krafteinheit ausübt.

7. Einheit des magnetischen Feldes besteht an einem Punkte, in welchem auf die Einheit der magnetischen Quantität die Krafteinheit ausgeübt wird.

C. Elektrische Einheiten.

8. Einheit der Stärke des elektrischen Stromes fliesst in einem Leiter, dessen Längeneinheit in der Entfernungseinheit die Einheit des magnetischen Feldes erzeugt.

9. Einheit der Elektricitätsmenge ist diejenige, welche der Strom von der Stärke 1 in einer Secunde durch den Querschnitt eines Leiters befördert.

10. Einheit der elektromotorischen Kraft oder Potentialdifferenz besteht zwischen zwei Punkten eines Leiters, wenn die Ein-

heit der Elektricitätsmenge von dem einen Punkte zum andern fliessend in dem Leiter die Arbeitseinheit verrichtet.

11. Einheit des Widerstandes besitzt ein Leiter, in welchem die Einheit der elektromotorischen Kraft die Stromeinheit erzeugt.

12. Einheit der Capacität besitzt ein Körper, welcher mit der elektromotorischen Kraft 1 geladen, die Einheit der Elektricitätsmenge annimmt.

Die praktischen Einheiten

gehen aus den obigen hervor durch Multiplication mit folgenden Potenzen von 10.

Namen der Grösse	Namen der praktischen Einheit	= 1 C. G. S. Einheit multiplicirt mit	Name der Grösse	Namen der praktischen Einheit	= 1 C. G. S. Einheit multiplicirt mit
Arbeit	Watt[1]	10^7	Elektromotorische Kraft	Volt[3]	10^8
Stromstärke	Ampère[2]	10^1			
Elektricitätsmenge	Coulomb	10^1	Widerstand	Ohm[4]	10^9
			Capacität	Farad	10^9

[1] 1 Watt = 1 Volt × Ampère = 0,10194 Kilogramm = 0,001359 P. S. 1 Kilogramm-Meter = $\frac{1}{75}$ P. S. = 9,81 Watt = 9,81 Volt × Ampère. 1 P. S. = 75 Kilogramm-Meter = 736 Watt = 736 Volt × Ampère.

[2] 1 Ampère = $\frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}}$ schlägt in der Minute 67,65 mg Silber oder 19,86 mg Kupfer nieder.

[3] 1 Volt = 0,893 Daniell; 1 Daniell = 1,124 Volt.

[4] 1 Ohm = 1,0493 Siemens-Einheiten (S.-E.); 1 S.-E. = 0,953 Ohm.

Widerstandseinheiten.*)

Name der Einheit	CS^{-1}	Ohm	Siemens	Deutsche Meile Draht 4 mm.	Franz. Meile Draht 7 mm.	Engl. Meile Kupferdr. 1·6 mm.
CS^{-1}	1	10^{-9}	$1{,}05 . 10^{-9}$	$18 . 10^{-12}$	$105 . 10^{-12}$	$74 . 10^{-12}$
Ohm	10^9	1	1,05	0,018	0,105	0,074
Siemens	$95 . 10^7$	0,95	1	0,017	0,1	0,071
Deutsche Meile	$57 . 10^9$	57	60	1	6	4,26
Franz. Meile	$95 . 10^8$	9,5	10	0,17	1	0,71
Engl. Meile	$13414 . 10^6$	13,414	14,12	0,235	1,41	1

*) Uppenborn, IV. B. 7. — Der Elektriker-Congress hat 1 Ohm = 106 cm Quecksilbersäule von 19 mm Querschnitt festgesetzt.

Stromeinheiten.

Name der Einheit	C G S	Ampère	Daniell-Siemens	Jacobi per Min.	Silber mg per Min.	Kupfer mg. per Min.
C G S	1	10	8·5	105·2	676·5	198·6
Ampère	0·1	1	0·85	10·52	67·65	19·86
Daniell : Siemens	0·117	1·17	1	12·31	78·95	23·23
Jacobi	0·958	0·095	0·082	1	6·4	1·89
Silber mg	0·148	0·015	0·013	0·156	1	0·294
Kupfer mg	0·502	0·050	0·043	0·529	3·41	1·

Ausser den von W. Thomson vorgeschlagenen und vom Pariser Congress angenommenen Centimeter-Gramm-Secunde-(C. G. S.)Einheiten stehen noch im Gebrauch: die von der British Association (B. A.) benützten Meter-Gramm-Secunde-(M. G. S.) Einheiten und die von Gauss-Weber angegebenen Millimeter-Milligramm-Secunde-(M. M. S.) Einheiten; wir bringen nachstehend eine übersichtliche Zusammenstellung, welche auch die Unterabtheilungen enthält.

Bezeichnung der elektrischen Maasseinheiten.	C. G. S.	M. G. S.	M. M. S.	Willkürl. E.
Widerstand.				
Megohm	90^{15}	09^{13}	90^{16}	
Ohm	90^{9}	90^{7}	90^{10}	.04939 S.-E.
Mikrohm	90^{3}	90	90^{4}	
Elektromotorische Kraft.				
Megavolt	90^{14}	90^{11}	90^{17}	
Volt (Volta)	90^{8}	90^{5}	90^{11}	0·9 D.-E.
Mikrovolt	90^{2}	90^{-1}	90^{4}	
Stromstärke.				
Megoampère	90^{3}	90^{4}	90^{7}	
Ampère Farad per Secunde .	90^{-1}	90^{-2}	90	90·52Jacobi-E.
Mikroampere	90^{-7}	90^{-8}	90^{-5}	
Capacität				
Farad (Faraday)	90^{-9}	90^{-7}	90^{-10}	
Mikrofarad	90^{-15}	90^{-13}	90^{-16}	

Einleitung.

Alle elektrischen Anlagen benützen die uns in beliebiger Quantität, verschiedener Eigenschaft und Wirkung zu Gebote stehende Naturkraft: die Elektricität

Dieselbe ist ihrem Wesen nach uns noch ziemlich unbekannt und räthselhaft, weil sie, ein unsichtbares Fluidum, nur in ihren Wirkungen unseren fünf Sinnen wahrnehmbar erscheint. Erst die neueren Forschungen von Secchi, Edlund, Anderssohn u. A. lassen eine Aufklärung über diese Naturkraft erhoffen.

Das Leuchtgas können wir riechen, den Wind fühlen, das Wasser sehen, nur die Elektricität entzieht sich im Allgemeinen bis jetzt immer noch der directen Wahrnehmung. Wir kennen sie eben nur vermöge gewisser Wirkungen, zu deren Erzeugung man oft besonderer Vorkehrungen und Apparate bedarf.

Dieses eigenthümliche Wesen der Elektricität erfordert mithin auch eine, von den Einrichtungen sonstiger Leitungen theilweise ganz abweichende und in Folge dessen etwas schwierige Behandlungsweise.

Ein Jeder weiss, dass eine Gas- oder Wasserleitung dicht sein muss, damit kein Verlust an Gas oder Wasser

stattfindet. Vor Frost muss man diese Leitungen gleichfalls schützen, damit nicht in denselben sich bildende Eismassen die Rohre verstopfen. Rohre, welche zur Leitung von Wärme bei Oefen oder sonstigen Heizvorrichtungen dienen, muss man von brennbaren Gebäudetheilen isoliren, damit kein Brand entsteht, und solche Leitungen, welche keine Wärme abgeben sollen, umkleidet man mit nichtleitender Masse. Dies sind alles im gewöhnlichen Leben durchaus bekannte und allgemein als nothwendig erkannte Vorkehrungen und Vorsichtsmassregeln. Nur mit der so absonderlichen Elektricität hat man sich bislang noch nicht allgemein beschäftigt, obgleich es sich hier ganz ähnlich verhält, wie bei Gas, Wasser oder Wärme. — Es erscheint daher ein besonderes Werk, welches die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen behandelt, als nothwendig, und zwar in unserem Zeitalter der Elektricität um so mehr, als die Elektrotechnik von Jahr zu Jahr sich ein grösseres Gebiet ihrer Thätigkeit erobert.

Um Verlust an Elektricität zu verhindern, umkleidet man die Leitungsdrähte mit isolirender Masse, d. h. mit einer Masse, welche die Elektricität möglichst schlecht leitet. Als solche Nichtleiter benützt man die atmosphärische Luft, Guttapercha, Kautschuk, Hartgummi, Glas, Porzellan, mit Wachs, Asphalt oder Leinölfirniss getränkte Faserstoffe, als Holz, Pappe, Gewebe und noch einige andere Körper.

Alle Feuchtigkeit, alle feuchten Körper sind leitend und führen am meisten Stromverlust herbei, abgesehen von metallenen Körpern, deren Eigenschaft, den Strom zu leiten, allgemein bekannt sein dürfte.

Die Isolirung in der Luft erzielt man bei blanken Drähten meistens durch die bekannten Porzellanisolatoren*) oder man wendet durch Bespinnung und Imprägnirung isolirte Drähte an, welche man gleichfalls auch im Innern von Gebäuden gebraucht. Für die in die Erde oder unter Wasser zu versenkenden Leitungen nimmt man isolirte Kabel.

Vielfach im gewöhnlichen Leben findet man die Ansicht verbreitet, es sei gleichgiltig, wie man die elektrischen Leitungen miteinander verbände, wenn die Drähte eben nur zusammen hängen; doch dem ist nicht so. Verbindungen, welche nicht metallisch rein und innig fest, respective nicht gut verlöthet sind, bilden ein Hinderniss für den Strom, es sind »Verstopfungen« in der Leitung. Andererseits stellen Berührungen einer sonst isolirten Leitung mit fremden, leitenden Körpern, oder mit daneben befindlichen Leitungen, Ableitungen zur Erde oder nach fremden Leitungen, respective Oeffnungen dar, welche nicht beabsichtigte Stromverluste herbeiführen.

Wenn man von obigen Gesichtspunkten aus die Sache betrachtet, wird man auch, ohne Fachmann zu sein, doch in den meisten Fällen in richtiger Weise bestehende Mängel beseitigen können.

---

*) Siehe Bd. XVI der Elektrotechnischen Bibliothek S. 22—25.

I.

Jährliche Untersuchung und Ausbesserung der oberirdischen Leitungen.

Witterungs- und andere Einflüsse mechanischer Natur beschädigen namentlich die oberirdischen Leitungen vielfach. Hierdurch werden die Linien unterbrochen oder der Betrieb gestört.

Die hölzernen Säulen leiden durch Fäulniss und brechen in Folge dessen bei Sturm um; Blitzschläge zertrümmern dieselben. Der Wind erzeugt Berührungen und Verschlingungen der Drähte. Der Rost, welcher durch den Zinküberzug nicht ganz ferngehalten werden kann, zerstört die eisernen Leitungs- und Bindedrähte; Schnee- und Eismassen setzen sich daran fest, dieselben reissen in Folge dessen, wozu noch die wechselnde Temperatur beiträgt. Die gleichen Ursachen zersprengen öfter die Isolatoren. Auch muthwillige Beschädigungen der Stangen und Drähte bleiben nicht aus. Peitschenschnüre, Drachenschwänze, Putzwolle der Locomotiven veranlassen bei feuchtem Wetter Stromübergang von einer Leitung zur anderen. Oefter werden Isolatoren durch Steinwürfe zertrümmert, und vom Sturme los-

gerissene Aeste und Bäume beschädigen die Leitungen. — Diesen Einflüssen sind versenkte Leitungen weit weniger ausgesetzt.

In Folge dessen sind alljährliche und aussergewöhnliche Instandsetzungsarbeiten nothwendig.

Die Verkehrs- und die Eisenbahn-Telegraphie hat für diese Arbeiten besondere Beamte ausgebildet, welche mit den nöthigen Arbeitern und Werkzeugen die Herstellung zu bewirken haben.

So verschieden, wie die zerstörenden Ursachen auftreten, ebenso vielartig sind auch die Reparaturen der Linien. Es lassen sich daher über die Ausführung der Wiederherstellungen nicht für alle Fälle genaue Vorschriften geben, wir können nur die am häufigsten vorkommenden Arbeiten betrachten.

A. Die jährliche Revision und Instandsetzung der oberirdischen Telegraphenleitungen.

I. Allgemeines.

Sobald im Frühjahre der Erdboden aufgethaut ist, begeben sich die erwähnten Beamten auf die ihnen überwiesenen Strecken und stellen durch eingehende Revision der Stangen und Leitungen den Umfang der Reparatur-Arbeiten fest.

Besonders diejenigen hölzernen Stangen sind durch Aufgraben, respective Anhauen am Erdboden, zu kennzeichnen, welche einer Auswechselung bedürfen. Alle vorgefundenen Mängel werden der Reihe nach in ein Register mit Nummern der Stange und dem Nummerstein der Eisenbahn oder Kunststrasse eingetragen. Das

Material ist in genügender Menge an geeignete Depôt-Orte zu versenden. Die Werkzeuge und Geräthe sind in brauchbaren Zustand zu versetzen und eventuell zu ergänzen.

Zur Beaufsichtigung der Arbeiten in Fällen, wo die Leute auf längere Strecken vertheilt sind, oder in Abwesenheit des Aufsichtsbeamten, ist ein Telegraphen-Vorarbeiter ausgebildet, der neben tüchtiger Kenntniss der einschlägigen Arbeiten auch gute Charakter-Eigenschaften besitzen muss. Ohne Aufsicht darf die Arbeitercolonne niemals bleiben, damit die Arbeiten sorgfältig ausgeführt und Unglücksfälle durch Ungeschicklichkeit oder falsche Arbeitsweise vermieden werden.

Im Allgemeinen wird man mit einer Arbeitercolonne von 3—5 Mann bei allen derartigen Arbeiten auskommen. die man nur in seltenen Fällen, z. B. bei grösseren Verlegungen, auf 8 Mann vermehren dürfte (siehe hierüber auch Bd. XVI dieser Bibliothek, S. 43).

Sehr wichtig ist es, bei allen Leitungs-Reparaturarbeiten jegliche Betriebsstörung sorgfältig zu vermeiden. — Vor dem Zerschneiden einer Leitung (eine Arbeit, die öfter behufs Verlängerung, respective Anlage von Abzweigungen, nöthig wird) ist vorerst eine sichere provisorische Verbindung mit Hilfe eines gut isolirten, etwa $1^1/_2$ mm starken Kupferdrahtes herzustellen. Berührungen der benachbarten Leitungen unter sich sind durchaus zu vermeiden, weil sie den Verkehr auf den Leitungen in erheblichem Masse stören, respective ganz verhindern können. — Oefter ist man genöthigt, längere Strecken des Leitungsdrahtes von den Isolatoren loszubinden. Geschieht dies bei trockenem Wetter, so kann

man unbedenklich den Draht in die Stützen der Isolatoren legen; hat man jedoch bei feuchter Witterung derartige Arbeiten auszuführen, so muss man nur möglichst kurze Strecken abbinden, weil andernfalls die Ableitung durch die feuchten Stangen so gross wird, dass eine Correspondenz nicht mehr möglich ist. Am besten thut man in letzterem Falle, die Arbeit bis auf schöneres Wetter zu verschieben, was ja meistens auch schon mit Rücksicht auf die Gesundheit der Arbeiter geschieht.

Besonders an Haupt- und internationalen Linien sind über Mittag in den Hauptverkehrsstunden alle Arbeiten zu unterlassen, welche den Betrieb irgend wie stören könnten.

Die Enden durchschnittener Leitungen sind natürlich auf das Sorgfältigste vor Berührung mit der Erde zu schützen. — Die Leitung und Ausführung obiger Arbeiten erfordert viel Umsicht und Geschicklichkeit. Es ist mit Strenge darauf zu halten, dass stets mit der nöthigen Vorsicht, sowohl in Rücksicht auf den Betrieb, als auch auf das Leben der Arbeiter, zu Werke gegangen wird. Leichtsinn oder Ungeschicklichkeit bei derartigen Arbeiten führen gar oft die unangenehmsten Betriebsstörungen herbei; oder ein einziger falscher Griff schleudert den Arbeiter von der Leiter, wodurch Verletzungen oder gar der Tod verursacht werden können.

Die am Hauptsächlichsten vorkommenden Ausbesserungen der Leitungen erstrecken sich auf die Instandsetzung der Unterstützungen: Auswechseln, Tiefersetzen, Richten der Stangen und Mauerbügel (siehe Bd. XVI dieser Bibliothek, S. 19), resp. deren Verstärkung durch Verdoppelung, Streben oder Anker, —

Auswechseln und Reinigen der Isolatoren; sowie auf Reparatur der Drahtleitungen: Erneuerung der Löthstellen, Auswechseln defecter Leitungsstücke, Reguliren des Durchhanges und Erneuerung der Bunde (siehe S. 49, Bd. XVI dieser Bibliothek, Fig. 23 und 24).

Die Untersuchung der Linien wird hauptsächlich auf alle diejenigen Theile ausgedehnt, welche die Standfestigkeit des Gestänges und die Haltbarkeit der Leitungen bedingen, sowie auf die gute Isolation; natürlich ist auch auf alle Mängel zu achten, welche die Betriebsfähigkeit der Linie schädigen könnten. Hierzu gehört auch die Befreiung der Leitungen von Baumzweigen etc., welche oft Veranlassung zu störenden Stromableitungen geben.

II. Reparatur der Unterstützungen.

1. Instandsetzung der Stangen.

Die meiste Arbeit verursacht an Zeit, Kraft und Material das Auswechseln der Stangen, was ja bei nicht imprägnirten in 2—5 Jahren, bei imprägnirten in 10—15 Jahren nothwendig wird (siehe Bd. XVI dieser Bibliothek, S. 13 und 212).

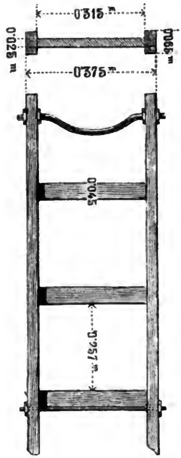
Jede Stange, welche angefault ist, muss, falls sie nicht mehr den Stürmen auf ein Jahr widerstehen kann, durch eine neue ersetzt werden. Meistens faulen die Telegraphenstangen dicht über und unter dem Erdboden. Man muss daher oft mit dem Spaten nebenbei aufgraben und mit einem Beil die Festigkeit des Holzes untersuchen.

Das Auswechseln ist in verschiedener Weise zu bewirken, je nachdem die Stange in gerader Linie, in einem Bruch- oder Endpunkte sich befindet.

Am einfachsten gestaltet sich die Arbeit in gerader Linie:

Ein Arbeiter ersteigt mit Hilfe einer Leiter*) die auszuwechselnden Stangen und löst die Bindedrähte von den Isolatoren. Bis zu einer gewissen Anzahl Leitungen (6—12) kann man sie wohl auch frei zu beiden Seiten der Stange hängen lassen; ist die Zahl der Leitungen grösser, so stellt man beiderseits in einiger Entfernung von der Stange zwei Arbeiter mit dünnen trockenen Hilfsstangen auf, in welche kleine Haken mit engen Oesen eingeschraubt sind. Während nun die angefaulte Stange durch eine zweite Leiter oder Hilfsstrebe am Umbrechen gehindert wird, lässt man die Drähte auf einer Seite, von unten anfangend an einer Schnur herab und hakt sie an den Hilfsstangen fest, damit sie einander oder die Erde nicht berühren können.

Fig. 1.



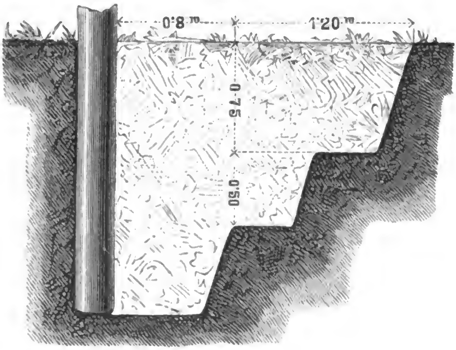
Nun gräbt man die faulige Stange aus oder wuchtet sie los, dreht sie um 90° herum, so dass die Isolatorenstützen in Richtung der Leitungen stehen, hebt sie hoch und legt sie

*) Die sogenannten Telegraphenleitern fertigt man aus astfreiem, festem Kiefernholze an, nach Fig. 1 mit 11 bis 21 Sprossen. Zwei bis drei kleine Bolzen halten die Leiterbäume zusammen. Oben bringt man einen beweglichen eisernen Bügel an, welcher sich gut an die Stangen anlegt, unten gibt man eiserne Beschläge an die Enden.

vorsichtig nieder, ohne die Isolatoren zu beschädigen. Inzwischen hat man eine neue Stange armirt (siehe Bd. XVI dieser Bibliothek, S. 41), welche man in das alte Loch stellt, in diesem aufrichtet und so herumdreht, dass die Isolatoren die Drähte aufnehmen können.

Die neue Stange wird nun verschüttet, gerichtet

Fig. 2.



und festgestampft; die Drähte legt man in die Isolatoren und bindet sie vorschriftsmässig fest (siehe Bd. XVI dieser Bibliothek, S. 49).

In vielen Fällen ist es zulässig, die neue Stange dicht neben die alte zu stellen, die Arbeit ist dann viel einfacher und leichter, sie wird wie folgt ausgeführt:

Dicht neben der alten Stange gräbt man in der in Fig. 2 dargestellten Weise ein 30—40 cm breites Loch, das je nach der Bodenart $^1/_5$—$^1/_4$, in Felsen auch nur $^1/_7$ der Stangenlänge zur Tiefe erhält. In dieser Zeit

wird die neue Stange mit Isolatoren ausgerüstet und so zwischen den Leitungen aufgerichtet, dass die Isolatoren die Leitungen nicht berühren; man richtet die Stange, stellt sie fest, bindet die Leitungen von der alten los und befestigt sie an der neuen, worauf man die faulige Stange entfernt.

Das Herstellen der Stangenlöcher im Felsboden geschieht da, wo man mit Spitzhaue und Brecheisen nicht mehr vorwärts kommt, durch 25—50 cm tiefe und $2^1/_2$—4 cm weite Bohrlöcher, welche man 8—10 cm hoch mit Pulver besetzt und durch Sprengen so lange ausweitet, bis man die nöthige Tiefe erreicht; oft ist es nöthig, das Steingerölle aus dem Loche mit der Hand zu entfernen. Im Sumpfboden und Triebsand muss man die Löcher während des Grabens mit Brettern auskleiden, um das Zusammenfallen zu verhindern. Jedenfalls ist strenge darauf zu halten, dass jede Stange genügend tief in den Boden kommt, da sonst der Sturm dieselben leicht umreisst. — Die Isolatorenstützen sind stets normal zur Stange, und zwar so tief einzuschrauben, dass noch ein Stück des nicht mit Gewinde versehenen Theiles in das Holz eindringt. — Zur leichteren Aufrichtung der Säulen bedient man sich wohl auch zweier über Kreuz

Fig. 3.



scheerenartig zusammengebundener Stangen, wie sie Fig. 3 darstellt.

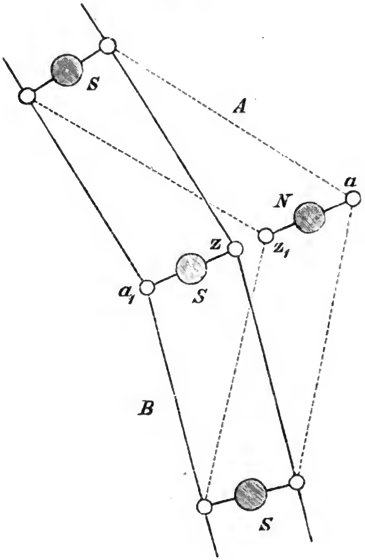
In Winkelpunkten oder scharfen Curven ist die Auswechselung einer Stange weit schwieriger, weil die Drähte nach der einen Seite einen viel grösseren Druck auf dieselbe ausüben, als nach der anderen. An solchen Stellen muss man ein bis zwei Hilfsstangen neben der alten Stange aufstellen, die Drähte an denselben provisorisch befestigen und darf dann erst die schadhafte Stange entfernen. Zuvor sind jedoch die Leitungen an den nächst den Hilfsstangen stehenden Säulen gut gegen Durchrutschen festzulegen. Diese Arbeit erfordert Vorsicht und richtige Sicherheitsvorkehrungen, damit störende Berührungen der Leitungen und Unglücksfälle vermieden werden.

Zur Verhütung von Beschädigungen der Arbeiter muss man die Leiter womöglich auf der dem Drahtdrucke abgekehrten Seite anlegen, damit ein etwa zurückschnellender Draht Niemand von der Leiter wirft. Diese Vorsichtsmassregel kann gar nicht eindringlich genug empfohlen werden, da die Nichtbeachtung derselben schon braven Vorarbeitern das Leben gekostet hat; eventuell ist das Zurückschnellen der Leitungen durch ein angebundenes Seil und langsames Nachlassen desselben zu verhindern. Die Verankerung, respective Verstrebung der neuen Stange darf vor Aufbringen der Leitungen nicht versäumt werden, da später eine etwa schiefgedrückte Stange oft schwer senkrecht zu richten ist. Fig. 4 stelle ein Stück *A B* einer Telegraphenlinie in einer Curve dar mit den Säulen *S* und der Nothstange *N*, so überträgt man die Drähte auf die letztere,

von unten anfangend, zunächst von z nach a und alsdann von a_1 nach z_1.

Das Auswechseln einer End- oder Abspann-

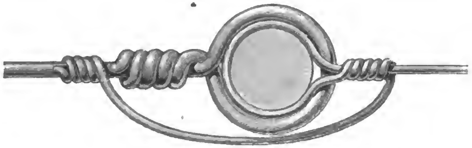
Fig. 4.



stange (siehe dieselbe Bd. XVI dieser Bibliothek, S. 51) geschieht auch mit Hilfe einer Nothstange, welche man circa 1 m davor gut feststellt. An dieser befestigt man die Leitungen, sichert sie wie vorhin gegen Durchrutschen an den nächsten Nachbarstangen und schreitet nun zum Ablösen der Drähte an der alten Stange. Meistens sind

die Schlingen um die Isolirköpfe so eng, dass man sie nicht abheben kann. Man legt daher einen Flaschenzug an, stellt eine provisorische Verbindung aus isolirtem Draht her und feilt die Drähte zu beiden Seiten der Isolatoren durch. Nun entfernt man die defecte Stange, ersetzt sie wie vorhin durch eine neue und verlängert jedes Drahtende genügend durch eine Wickellöthstelle (Bd. XVI, S. 44), damit die Drähte genügende Länge erhalten, um sie an den Isolirköpfen befestigen zu können. Der Uebergang von der starken zur schwachen Leitung

Fig. 5.



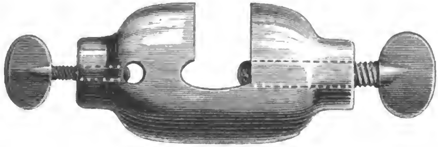
wird bei einer solchen Abspannstange in der in Fig. 5 angedeuteten Weise ausgeführt, so dass ein Bügel aus leichter Leitung um den Isolirkopf herumgeführt ist, welcher die sichere Fortleitung des Stromes übernimmt. Diesen Verbindungen hat man die grösste Sorgfalt zuzuwenden, da eine falsch angelegte oder schlecht verlöthete Abspannung zu ernsten Betriebsstörungen Veranlassung geben kann. Solche fehlerhafte Stellen sind oft nur durch Theilung der Leitung und zeitraubende Messungen zu ermitteln, da sie sich selbst dem geübtesten Blicke leicht entziehen. Eine schlechte Verbindung rostet leicht und das in der atmosphärischen Luft sich bildende Eisenoxydhydrat leitet schlecht; der metallische Contact

wird daher zuweilen soweit aufgehoben, dass solche Stellen mehrere tausend Ohm Widerstand haben.

Zur Herstellung provisorischer Verbindungen bei Leitungs-Reparaturarbeiten bedient man sich mit Vortheil der in Fig. 6 abgebildeten Klemme, welche man auch für provisorische Erdverbindungen bei Untersuchungen benützen kann.

Die Entfernung der schadhaften Abspannstange, sowie der Hilfsstange, geschieht analog in der schon oben angedeuteten Weise. Gutes Feststampfen der neuen

Fig 6.



Stangen in 10 cm hohen Erdschichten mit circa 10 kg schweren Stampfern ist nicht zu versäumen, damit die Stangen ihre lothrechte Stellung dauernd beibehalten.

In vielen Fällen sind die Stangen von der Fäulniss zwar stark angegriffen, doch kann man durch Tiefersetzen derselben das Auswechseln vermeiden. Zulässig ist dieses Verfahren nur in gerader Linie, in Curven und Winkeln sollte man stets eine neue Stange einsetzen.

Ist eine solche Stange genügend lang, und sind die Nachbarstangen nicht zu hoch, auch das Holz über dem Boden noch widerstandsfähig und nicht verfault, so darf man die Stange tiefer setzen, jedoch soll dann der Lei-

tungsdraht wie zuvor auf den Isolatoren ruhen und nicht etwa einen Druck nach oben gegen die Bindedrähte ausüben.

Das Tiefersetzen führt man am einfachsten in der Weise aus, dass man die Stange mit einer Schrotsäge über der faulen Stelle absägt, ohne vorher die Leitungen loszubinden. Alsdann hebt man die Stange vorsichtig hoch, setzt sie daneben, zieht den Stumpf mit Kette und Wuchtbaum aus und lässt sie vorsichtig in das alte Loch hinab. Diese Arbeit erfordert viel Geschick zur Vermeidung von Berührungen der Leitungen; je mehr Drähte am Gestänge, um so vorsichtiger muss man zu Werke gehen. Die abgesägte Stange wird eventuell provisorisch verankert, bis das Loch für dieselbe fertig ist. Wo dieses abgekürzte Verfahren nicht möglich erscheint, ohne Störungen des Betriebes zu verursachen, schneidet man die defecte Stange ab, nachdem zuvor die Bunde gelöst waren, wuchtet den Stumpf heraus, füllt das Loch eventuell etwas auf und gibt sie wieder an ihren Ort.

Um das Auswechseln einer Stange, die man nicht tiefer setzen kann, noch ein Jahr zu ersparen, wendet man auch ein Verstärkungsmittel, die Klebpfosten, an.

Aus dem altbrauchbaren Material, welches man ja jährlich durch die Linieninstandsetzungs-Arbeiten gewinnt, schneidet man circa 2·5 m lange, noch gesunde Stücke heraus und gräbt sie dicht neben der zu verstärkenden Stange so tief ein, dass noch 1 m Ueberstand über dem Erdboden bleibt, wie Fig. 7 dies andeutet. Der Klebpfosten wird mit einem Hohldexel der runden Form der Stange angepasst und mit mehrfachen

Drahtbunden aus starker Leitung, welche man womöglich mit einem Feilkloben oder dergleichen recht festwürgt, innig verbunden. Die Enden des Würgbundes

Fig. 7.

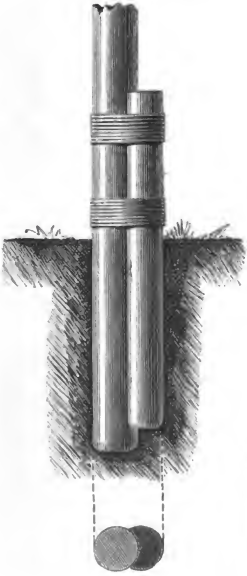
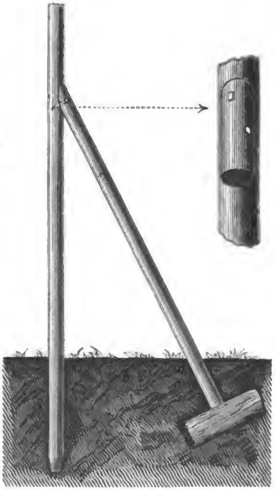


Fig. 8.



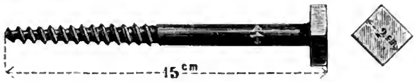
biegt man gewöhnlich um und schlägt sie ins Holz hinein, um bei einer Lockerung des Bundes dessen Herabgleiten zu verhindern. Der Klebpfosten ist stets so neben die Stange zu stellen, dass er der Hauptrichtung des Druckes am besten entgegenwirkt. Mitunter wendet

man auch zwei dergleichen Pfosten auf zwei gegenüberliegenden Seiten einer Stange an.

Ausser diesem sehr einfachen Verstärkungsmittel eines Klebpfostens gebraucht man Streben und Anker oder eine Combination von beiden, welche man auf entgegengesetzten Seiten einer Stange, respective auch auf derselben Seite verwendet.

Aus der Berechnung der Festigkeit des Gestänges (Bd. XVI, S. 72, dieser Bibliothek) wissen wir, dass man eine Strebe am besten in $^2/_3$ der Höhe einer Stange und unter einem Winkel von 45^0 anbringt; da jedoch

Fig. 9.



der Fusspunkt für die Streben oft durch örtliche Verhältnisse gegeben ist, so kann man diese Maasse nicht immer einhalten und ist dann genöthigt, den Winkel zwischen Strebe und Stange kleiner zu wählen, jedoch darf derselbe nicht unter 30^0 betragen, wenn die Strebe noch sicher wirken soll. In einem Winkelpunkt muss die Strebe stets in Richtung der Mittelkraft, also meist in der Halbirungslinie des Winkels stehen, damit sie voll dem auf ihr lastenden Drucke entgegenwirke; in gerader Linie ist dieselbe stets entgegen dem meistherrschenden Winddrucke zu stellen.

Nachdem die nöthige Länge der Strebe bestimmt ist, wobei man darauf rechnen muss, dass dieselbe circa 1 m in die Erde kommt, schneidet man sie, entsprechend

ihrer Stellung, am oberen Ende schräg ab und höhlt diesen Schnitt mit einem Dexel nach der Stangenrundung aus. Das Loch ist schräge circa 1 m tief herzustellen. Das untere Ende hindert man am besten vor tieferem

Fig. 10.

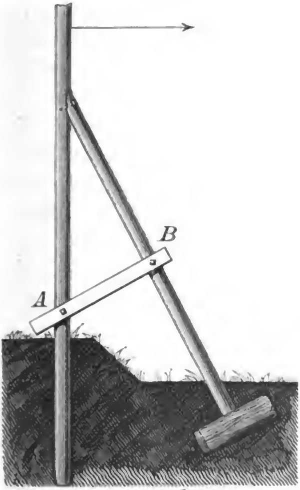
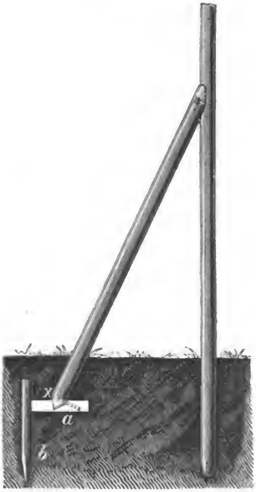


Fig. 11.



Einsinken durch Unterlegen eines flachen Steines. Ist die Strebe richtig zugeschnitten und angepasst, so befestigt man sie wie in Fig. 8 mit zwei sogenannten Strebenschrauben, welche in Fig. 9 abgebildet sind. Gebietet es die Oertlichkeit, den Fusspunkt der Strebe sehr nahe an die Stange heran zu verlegen, so kann man die Widerstandsfähigkeit der ersteren wesentlich durch den

in Fig. 10 abgebildeten Dreiecksverband erhöhen. — In Ermangelung von Steinen nimmt man einen circa 0·5 m langen Stangenabschnitt, den man einerseits abflacht, die Strebe daran fest dübelt und einen Pfahl davorschlägt, wie in Fig. 11.

Die Anker fertigt man am besten aus 4 mm starkem, verzinkten Eisendraht, den man zwei- bis vierfach nimmt. Von solchen in Vorrath gefertigten Drahtseilen schneidet man ein Stück nach Bedarf ab, versieht es circa 0·60 m von jedem Ende mit einem Wickelbunde und dreht die Enden bis zu diesem auf, legt das eine über den in die Stange geschraubten Ankerhaken (siehe diesen, Bd. XVI dieser Bibliothek, S. 43, Fig. 20a) und würgt es zusammen. Am andern Ende befestigt man am besten einen länglichen Stein, der circa 1 m unter dem gewachsenen Boden derart verlegt wird, dass beim Zufüllen und Feststampfen des Bodens der Anker völlig straff angespannt wird.

In Ermangelung eines Steines nimmt man wohl auch einen kräftigen Pfahl, den man in der in Fig. 12 dargestellten Weise so mit einem Posseckel eintreibt, dass der Draht nicht abgleiten kann. Bei dieser Methode erreicht man die Straffheit des Ankers besser, wenn man den Draht zuvor ungedreht am Pfahle befestigt, über dem Ankerhaken festwürgt und dann mit einem eisernen Knebel zusammendreht.

Unter Umständen kann man die oben aufgeführten Verstärkungsmittel nicht verwenden, entweder weil sie nicht kräftig genug sind oder weil es die Oertlichkeit nicht gestattet. Man hilft sich dann durch zwei gekuppelte Stangen, die man ihrer ganzen Länge nach

durch drei 20 mm starke Schraubenbolzen mit einander, wie in Fig. 13, verbindet. Oder man nimmt einen Doppelständer nach Fig. 14, dessen Construction schon in Bd. XVI, S. 16, dieser Bibliothek beschrieben wurde. Der-

Fig. 12.

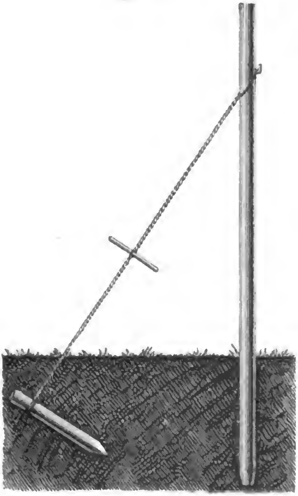


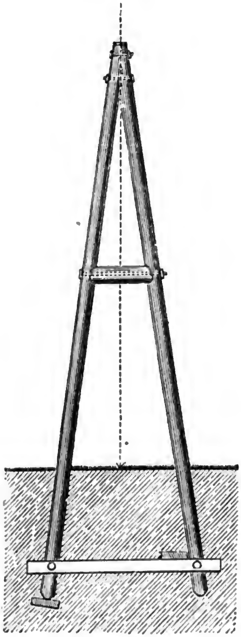
Fig. 13.



selbe bietet durch seine mehrfache Verschraubung, durch die Querriegel und die breitere Basis eine bedeutende Standfestigkeit, welche man durch flache, am Fussende untergelegte Steine oder Bohlstücke noch erhöhen kann. Im Uebrigen verfährt man ganz so, wie mit einzelnen

Stangen. Das Aufrichten geschieht wegen seines bedeutenden Gewichtes am besten mit dem Fig. 3, S. 11, abgebildeten Stangenkreuz.

Fig. 14.



Das Richten aus dem Loth gewichener Stangen wird je nach ihrem Standpunkt verschieden ausgeführt. In gerader Strecke gräbt man auf der Seite, nach welcher die Stange zu richten ist, je nach der Festigkeit des Bodens ein Stück hinunter und drückt die Stange in geeigneter Weise, z. B. durch eine Leiter in die Senkrechte und stampft sie wieder fest, indem man womöglich Steine auf der entsprechenden Seite beitreibt, respective Pflöcke aus alten Stangen hierzu benützt, vor die man mitunter noch ein Bohlstück, wie in Fig. 15, legt.

Stangen in einem Winkelpunkte oder in einer Curve (respective eine Abspannstange) richtet man in vielen Fällen ähnlich, wie oben beschrieben; der grössere Drahtdruck auf dieselbe erfordert jedoch meist ein vorsichtiges Anholen mit einer Leine oder einem

Flaschenzuge, die man möglichst hoch an der Stange angreifen lässt. Hat die schiefe Richtung der Stange ihre Ursache in zu starkem Druck der Leitungen, so holt man dieselben vor dem Richten etwas an oder man ist genöthigt, Stücke einzusetzen, um die Leitungen zu verlängern. Ist die Spannung bei zahlreichen Leitungen zu

Fig. 15.

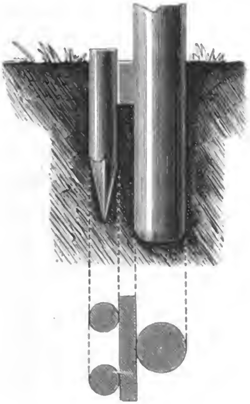
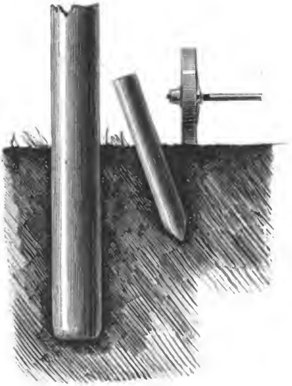


Fig. 16.



gross, als dass man die Stange wieder ins Loth drücken könnte, so stellt man eine Hilfsstange auf, befestigt provisorisch an dieser die Leitungen, wie in Fig. 4, S. 13, gezeigt wurde, und versetzt die Stange, so dass nun die Leitungen weniger Spannung erhalten. Streben und Anker sind stets nach dem Richten von Neuem zu befestigen, eventuell ist eine schiefgedrückte Stange mit diesen Verstärkungsmitteln auszurüsten. Mitunter ist es

auch möglich, das Fussende einer solchen Stange ohne Ablösen der Leitungen zu versetzen, indem man sie am Zopfende mit einem Seile während der Arbeit befestigt. Ist das Ausweichen der Säulen dadurch verursacht, dass sie an exponirten Punkten von Fuhrwerken zur Seite gedrückt wurden, so schützt man sie nach dem Richten durch Prellpfähle, Radabweiser oder Scheuerböcke oder davorgesetzte Prellsteine, wie dies Fig. 16 andeutet. Eiserne Stangen und Mauerbügel werden analog beim Richten behandelt, krumme Stücke müssen ausgewechselt werden, besonders wenn ein Bruch des Eisens zu befürchten ist.

2. Instandsetzung der Isolirvorrichtungen.

Die Betriebsfähigkeit der oberirdischen Telegraphenleitungen hängt in hohem Masse von der guten Isolation, also von dem Zustande der Isolatoren ab; auf die Beschaffenheit derselben hat man daher bei der jährlichen Revision ganz besonders zu achten.

Ist die Schraubenstütze stark verbogen oder angebrochen, so entfernt man den ganzen Isolator mit Stütze, verkeilt das alte Loch mit einem Pflock, bohrt daneben ein anderes und gibt einen neuen Isolator hinein. Die Leitung wird während dieser Arbeit auf einen eingedrehten Nagelbohrer gehängt oder an einer Schnur befestigt. In Winkelpunkten und an Abspannstangen muss man eventuell einen Flaschenzug zu Hilfe nehmen. Die Lösung und Befestigung der Drähte ergibt sich aus dem schon früher bezüglich des Auswechselns von Stangen Gesagten. Lose Isolatoren werden in neue Löcher eingeschraubt.

Isolatoren mit nur geringen Absplitterungen bedürfen keiner Erneuerung, diejenigen jedoch, welche Sprünge und Risse, sowie ausgebrochene Stellen haben, sind stets auszuwechseln. Die meisten Beschädigungen der Isolatoren geschehen durch Frost oder Steinwürfe unnützer Buben, wodurch die äussere Glocke meist zertrümmert wird. Das Auswechseln solcher Isolirköpfe geschieht in der Weise, dass man den Bindedraht löst, die Leitungen in die Isolirstütze legt und mit gefirnisstem Hanf einen neuen Kopf befestigt. Da diese Arbeit nur mit beiden Händen ausgeführt werden kann, so zieht man es der persönlichen Sicherheit halber meist vor, die Stütze mit zu entfernen, oder der Arbeiter muss sich mit einem Sicherheitsgurte an einer anderen Isolirstütze festhaken.*)

Eine sehr wichtige Arbeit, die jedoch von den Leuten oft gar nicht oder doch nur flüchtig ausgeführt wird, weil sie die Folgen der Unterlassung wenig zu würdigen wissen, ist:

Das Reinigen der Isolatoren. Nicht allein auf der äusseren Oberfläche bedecken sich die Isolatoren mit Staub und Schmutz, sowie in der Nähe von zahlreichen Rauchfängen oder auf Bahnhöfen mit Russ, sondern auch im Innern zwischen den Doppelglocken setzen sich Staub und Spinngewebe fest, welche durch

*) Solche Sicherheitsgurte sind für alle Leitungsarbeiten bei den meisten Telegraphen-Verwaltungen vorgeschrieben und nach Art der Steigergurte bei den Feuerwehren construirt. Die Arbeiter benützen sie jedoch ungern, weil sie oft die Arbeit hindern. (Die Leute laufen mitunter auf den Leitungen von Stange zu Stange.)

abwechselnd feuchtes und trockenes Wetter oft zu einer festen Rinde erhärten.

Besonders bei feuchtem Wetter bildet dieser Ueberzug eine den Strom leitende Fläche, die umso besser leitet, je mehr Kohle, respective Russ, sie enthält. Bei langen Strecken findet also unter Umständen ein bedeutender Stromverlust statt, da der Strom über die schmutzige Porzellanfläche leichter zur Stütze und durch die Stange zur Erde gelangt.

Nach L. Weidenbach's Compendium der elektrischen Telegraphie, S. 41 (Wiesbaden 1881, M. Bischkopf), beträgt die Isolation in Rheostaten-Einheiten à 50 S.-E.:

Bei sehr trockener Luft	Bei mittlerer Feuchtigkeit	Bei Regen oder Nebel
für jeden Isolator		
14,400.000 bis 16,800.000	2,800.000	480.000 bis 600.000
oder per Kilometer à 16 Isolatoren		
900.000 bis 1,050.000	175.000	30.000 bis 37.500

Hieraus erhellt, wie nothwendig es ist, die Isolatoren aussen und innen wenigstens alljährlich einmal gut zu reinigen. Dies geschieht am besten durch einen Mann, ausgerüstet mit einer Leiter, Wassergefäss, Lappen und einigen Holzstäben oder Bürsten, welcher die Isolatoren

aussen und innen abreibt. Gerne nehmen die Leute hierzu Salzsäure, die sie ja für das Löthwasser immer zur Hand haben, oder Sand, doch sind beide Mittel wohl nicht empfehlenswerth, besser ist jedenfalls Seifenlauge.*) Sand und Säure greifen Draht und Glasur des Porzellans leicht an und machen die Oberfläche rauh oder geben zu Rissen Veranlassung, während Kalilauge den Schmutz leicht löst und sogar dem Rosten entgegenwirkt.

III. Instandsetzung der Leitungen.

1. Erneuerung der Bindedrähte.

Die Bindedrähte an den Isolatoren sind sorgfältig nachzusehen, Bunde, welche durch ungleichen Drahtzug gezerrt sind, werden erneuert, desgleichen solche, bei denen die Leitung nicht am Isolirkopfe ruht. Da von einer sicheren Befestigung der Leitung an den Isolatoren eine dauernd gute Isolation abhängt, so ist mit der grössten Sorgfalt jeder Bindedraht auf gute Beschaffenheit nachzusehen.

Die Bunde sind fest und sorgsam nach Vorschrift anzufertigen.

Der Oberbund (Leitung im oberen Drahtlager) wird aus zwei, circa 50 cm langen Bindedrähten (die

*) Nach der »Anweisung zur Ausführung der Linien-Instandsetzungs-Arbeiten«, Berlin 1877, herausgegeben von der deutschen Reichs-Telegraphen-Verwaltung, könnte man glauben (S. 68), dass der bräunlich-gelbe Rost an den Isolatoren Eisen enthalte und auch den Strom leite, Beides ist jedoch wohl kaum der Fall, da Rost kein Eisen, sondern Eisenoxydhydrat enthält, und letzteres isolirend wirkt.

Länge richtet sich je nach der Grösse der Isolatoren, die Stärke ist 1·7—2 mm) angefertigt, welche man wie

Fig. 17 a.



Fig. 17 b.

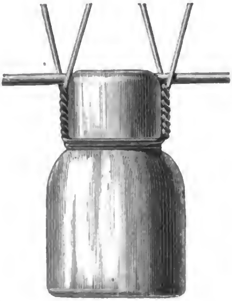


Fig. 17 c.



Fig. 17 d.



in Fig. 17a mit ungleichen Ueberständen von 12, resp. 20 cm um den Kopf herum legt, zusammendreht nach Fig. 17b und die kürzeren Enden um die Leitung würgt,

während die längeren Enden über dem Isolirkopfe, wie in Fig. 17c, gekreuzt und dann gleichfalls festgewunden

Fig. 18 a.

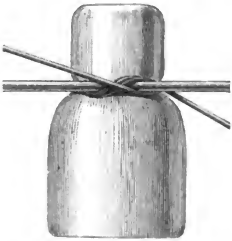
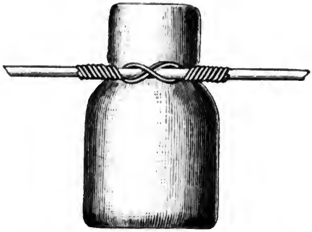


Fig. 18 b.



werden. Den alsdann fertigen Oberbund stellt die Fig. 17d dar.

Der Seitenbund (Leitung im seitlichen Drahtlager) ist in Fig. 18 abgebildet. Man legt einen Bindedraht von 70—75 cm Länge mit der Mitte über die Leitung, führt die Enden einmal um den Kopf herum, kreuzt sie vorne wie in Fig. 18a und würgt sie nach Fig. 18b um die Leitungen in etwa 8 Windungen fest. Den fertigen Seitenbund zeigt Fig. 18c.

Fig. 18 c.



Ein guter Bund erfordert Geschicklichkeit und Uebung. Die Windungen sind bei jedem Umgange mit einer starken Flachzange scharf anzuziehen, damit sie sowohl die Leitung, als auch den Isolirkopf eng umschliessen und Windung an Windung zu liegen kommt. — Es gibt auch noch verschiedene

andere Arten zu binden, die theilweise schneller ausgeführt werden können; da sie jedoch nicht so grosse Sicherheit bieten, als die oben beschriebenen, thut man gut, sie nicht ausführen zu lassen.

Alte Bindedrahtreste sind stets zu entfernen und nicht auf den Drähten zu belassen, da sie vom Wind bewegt die Leitung zerreiben.

2. Instandsetzung der Leitungen.

a) Allgemeines.

Die Leitungsdrähte bilden gewissermassen die Röhren, in welchen der elektrische Strom mit grosser Schnelligkeit dahinfliesst. Man muss daher durchaus Sorge tragen, dass (wie z. B. beim Wasser) eine solche Leitung auch dicht und nicht verstopft sei.

Undichte Stellen sind solche, welche Stromverluste verursachen, man nennt sie in der Elektrotechnik Nebenschlüsse, Ableitungen, Berührungen mit der Erde oder sonstigen leitenden Körpern. Hierzu gehören Baumzweige, Gewebestoffe etc., welche sorgfältig von den Leitungen, eventuell durch Abschneiden zu entfernen sind.

Verstopfungen nennt man schlechte oder nicht leitende Stellen, an welchen die Drähte in geringem oder in gar keinem metallischen Contacte sich befinden. Solche Stellen bilden: vor allen die Löthstellen, sowie etwaige Klemmverbindungen an Untersuchungs-Stationen (siehe Bd. XVI S. 52), dieser Bibliothek, Drahtbrüche (besonders wo kurze Stücke besponnener Drähte eingeschaltet sind) und Uebergänge zu Kabeln.

In früherer Zeit verband man die einzelnen Drahtadern entweder durch Muffen oder durch Würgestellen, Methoden, die man zwar jetzt verlassen hat, welche jedoch in alten Leitungen sich vielfach noch vorfinden. Beide geben, wenn sie alt und stark verrostet sind, zu erheblichen Betriebsstörungen Veranlassung. Es empfiehlt sich daher, solche Verbindungen gelegentlich der jährlichen Leitungs-Reparaturarbeiten ohne Unterschied zu entfernen und durch die jetzige Wickellöthstelle, die wir später kennen lernen werden, zu ersetzen.

Die alten Muffen, welche sich für provisorische Verbindungen vorzüglich eignen, veranlassen am meisten Störungen. So hat Verfasser an solchen herausgeschnittenen Drahtstücken mit Muffenverbindung viele Stücke gefunden, welche mehrere tausend Ohm Widerstand ergaben. Vor Entfernung derselben war die Correspondenz besonders bei schwachem Strome kaum aufrecht zu erhalten; nach Ersatz von circa 200 Stück der schlechtesten durch Wickellöthstellen erreichte die Betriebsfähigkeit normale Verhältnisse. Die Würgestellen, selbst verlöthete, sind nicht viel besser als die Muffen. Gelegentlich der obigen Versuche wurden auch diese untersucht: Circa 10 Jahre alt, äusserlich stark zerfressen, war bei vielen das Zinn bis auf Spuren (selbst im Innern nach dem Aufdrehen) nicht mehr vorhanden, äusserlich konnte man überhaupt verlöthete und unverlöthete Würgestellen nicht mehr unterscheiden; die Widerstandsmessungen ergaben bei beiden Verbindungen oft verhältnissmässig hohe Widerstände. Diese Beispiele mögen die Wichtigkeit guter, verlötheter Verbindungen, welche die Drahtenden in innigen metallischen Contact bringen,

genügend darthun. Die geringste Nachlässigkeit in dieser Beziehung macht sich, wenn auch nicht gleich, so doch später in der empfindlichsten Weise bemerkbar, verursacht mühsame, lange Untersuchungen und kostspielige Reparaturen.

So viel man auch in dieser Beziehung belehrend wirken mag, begegnet man doch vielfach und oft provisorischen Verbindungen, deren Anfertigung gegen die ersten Grundprincipien des Leitungsbaues verstösst. So ist es selbst bei Angestellten in Fabriken Gebrauch, zerrissene Telegraphendrähte wie einen Drahtzaun mit zwei Schleifen in einander zu hängen; ja mitunter begegnet man ganz »klugen Leuten«, die, unglaublich, aber wahr, mit einer Hanfschnur die Drähte zusammengebunden hatten und sich nachher wunderten, dass ihre Apparate nicht functionirten. Wochenlang lässt man solche Verbindungen bestehen, zieht Niemand zu Rathe. Je nach den Umständen (Wind, Regen) ist Contact und somit Betriebsfähigkeit vorhanden oder nicht. Schliesslich werden solche Leute noch grob, geben den Apparaten die Schuld und stellen die merkwürdigsten Ansprüche; oder sie bemängeln die Einrichtung im Allgemeinen, dass solch' eine Anlage auch Unterhaltung und Reparaturen nöthig mache! Besonders in neuerer Zeit, wo man so vielfach einen Boten durch das Telephon ersetzt, verleiden jedem Praktiker solche Thorheiten jegliche Freude an seinem Berufe; da möchte man am besten gleich das ganze Telephongeschäft an den Nagel hängen. — Bei der Anlage verlangt man Garantiezeit, zahlreiche Reisen und Reparaturen ohne Entschädigung sind auszuführen, weil die Leute nicht das geringste Verständniss

für die Sache von der Schule in das praktische Leben mitbringen.*)

b) Reguliren der Leitungen.

Als Grundsatz für das Spannen der Drähte gilt die Regel, dass man bei einer durchschnittlichen Minimal-Temperatur von —20° R. die absolute Festigkeit der Leitungen nicht mehr als auf 1/4 in Anspruch nimmt. Hiernach hat man in der schon Bd. XVI, S. 47, dieser Bibliothek erläuterten Weise eine Tabelle berechnet, aus welcher der Durchhang für die Praxis zu entnehmen ist.

Bei einer Temperatur von Grad Réaumur	ist der Durchhang für die Spannweite von Meter				
	100	65	60	50	40
— 20	0·97	0·55	0·35	0·24	0·16
— 15	1·11	0·68	0·47	0·36	0·26
— 10	1·23	0·78	0·57	0·45	0·34
— 5	1·34	0·88	0·65	0·52	0·40
0	1·44	0·96	0·73	0·58	0·45
+ 5	1·53	1·04	0·79	0·64	0·50
+ 10	1·62	1·12	0·85	0·69	0·54
+ 15	1·71	1·19	0·91	0·74	0·58
+ 20	1·79	1·25	0·97	0·79	0·62
+ 25	1·86	1·31	1·02	0·83	0·66

Bei den Leitungs-Reparaturarbeiten hat man ja meist mehrere parallel laufende Leitungen, so dass man nur

*) Den geehrten Fachgenossen und angehenden Elektrotechnikern möchte Verfasser bei dieser Gelegenheit das Studium der neueren

hin und wieder die oberste derselben auf richtigen Durchhang zu prüfen braucht und die anderen nach der ersten regulirt.*) Um den Durchhang nach obiger Tabelle zu messen, markirt man das erforderliche Mass mit einem Nagel an einer Stange, hält sie wie in Fig. 19 in die Mitte zwischen zwei Stangen und visirt von einer Leiter aus über die drei Punkte *a b c*.

Die gute Regulirung der Leitungen ist durchaus nothwendig, damit Berührungen derselben untereinander verhütet werden.

Betrachten wir nun die Mittel, welche zur Herstellung eines normalen Durchhanges geeignet sind:

In vielen Fällen wird es genügen, den Durchhang, welcher zwischen verschiedenen Stangenintervallen sich verändert hat, nach Lockern der Bindedrähte mit Hilfe

---

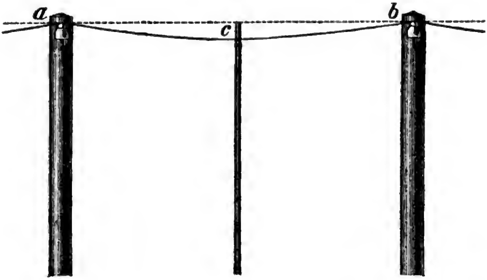
Forschungen auf dem Gebiete der Elektricität angelegentlichst empfehlen, besonders die Werke von Secchi, Edlund, Aurel Anderssohn etc. Alle diese vertreten die unitarische Anschauung, die sich ja neuerdings immer mehr Bahn bricht und welche nach eigener Erfahrung sehr wohl geeignet ist, die Verhältnisse zu klären und dem Praktiker in vielen Dingen eine grosse Sicherheit bei schwierigen Untersuchungen zu geben.

*) Nach der schon früher citirten Anweisung zur Ausführung der Linieninstandsetzungs-Arbeiten der deutschen Reichstelegraphen-Verwaltung, S. 77, könnte man glauben, es bedürfe nur eines Dynamometers am Flaschenzuge, um mit Hilfe desselben die Spannung und somit auch den Durchhang zu controliren. Für Eisendraht ist dies jedoch wohl nicht gut thunlich, da bei verschiedener Spannung eine verschiedene Dehnung des Drahtes stattfindet, wogegen bei Siliciumkupfer wegen seiner äusserst geringen Dehnbarkeit ein solches Instrument nach des Verfassers eigener Erfahrung ganz bequem ist. Siehe auch Bd. XVI, S. 31, dieser Bibliothek.

einer Leine mit Froschklemme zu vertheilen und wieder festzubinden (siehe auch Bd. XVI, S. 48, dieser Bibliothek).

Ist ein solcher Ausgleich des Durchhanges durch Reguliren nicht möglich, weil die Leitungen zu starke Spannung haben, so setzt man womöglich an einer Löthstelle zwischen zwei Stangen ein circa 1 m langes Stück Draht ein, indem man die Leitung durchschneidet, mit Hilfe eines Flaschenzuges den normalen Durchhang

Fig. 19.



herstellt und nach Abnehmen derselben von den Isolatoren ein Stück durch Wickellöthstellen einfügt (siehe diese, Seite 38). Solche Löthstellen sollten niemals dicht zur Seite der Isolatoren zu liegen kommen, da sie bei etwaigem Seitwärtsrutschen des Leitungsdrahtes die Bindedrähte oder die Porzellanköpfe beschädigen könnten. Genügt ein kurzes Stück Leitung zur Verlängerung nicht, so hat man die nöthige Länge zu ermitteln, indem man die Bunde lockert, die Lage des Drahtes markirt, durch Ziehen nach der zu straffen Stelle normalen Durchhang gibt und wieder die Lage markirt; die Entfernung beider

Marken ergibt die einzusetzende Länge. Die Wiederbefestigung einer so verlängerten Leitung findet man in dem Capitel über Anfertigung der Bunde.

Zuweilen ist es auch nöthig, zu tief hängende Leitungen zu verkürzen, das Mass dieser Verkürzung ermittelt man wie vorhin; ist dies nur gering, so setzt man wohl auch ein Stück ein, damit die Löthstellen lang und sicher genug werden. Das in mehreren Werken über Telegraphie aufgestellte Princip, bei diesen Arbeiten möglichst wenig Löthstellen anzuwenden, um den Zusammenhang des Drahtes möglichst gut zu erhalten, dürfte für die Praxis gegenstandslos sein, wenigstens bei Anwendung der 7—8 cm langen Wickellöthstellen, wenn sie gut verlöthet sind.

c) Das Auswechseln von Leitungen.

Leitungen, die 25—30 Jahre alt sind, verlieren zwar noch nicht an Leitungsvermögen so viel, dass sie unbrauchbar würden, die Structur des Eisens hat sich jedoch in dieser Zeit derart verändert, dass sie nicht mehr das zähe, sehnige Gefüge haben und in Folge dessen leicht brüchig werden. Auch im Querschnitt, mithin auch am Gewicht haben sie durch Rosten etwas verloren, nicht allein am ganzen Umfange, sondern auch besonders auf der nach oben gerichteten Seite, so dass ein früher runder Draht, oben abgeflacht, mit tiefen Narben erscheint. Hauptsächlich ist dieses natürlich der Fall bei Drähten, die gar nicht, oder nur durch Firniss vor Rosten geschützt waren. Ueber verzinkte Leitungen dürften noch nicht genügende Daten vorliegen, doch schützt der Zink-

überzug auch nicht auf die Dauer vor den Einflüssen der Atmosphäre.

Mitunter ist man auch genöthigt, starke Leitungen gegen schwache auszutauschen, um das Gestänge zu entlasten oder die Spannung in Curven zu vermindern.

Das Auswechseln solcher Leitungen geschieht in der Weise, dass man die Enden, bis zu welchen der Draht gewechselt werden soll, mit Froschklemmen oder Feilkloben festlegt, den Draht unter Anwendung eines Flaschenzuges und provisorischer, isolirter Verbindungsdrähte zerschneidet und über der Erde auf Nägeln oder kleinen Bohrern an den Stangen entlang führt. Den neuen Draht schlingt man in richtiger Höhe um die Stange, bringt ihn auf die anderen Isolatoren und verlöthet ihn mit der übrigen Leitung. Beim Uebergang aus stärkerer in schwächere Leitung ist die Verbindung nach Fig. 5, S. 14, auszuführen.

Die Anfertigung der Löthstellen in Telegraphenleitungen ist zwar schon in Bd. XVI, S. 44, dieser Bibliothek besprochen, bei der Wichtigkeit jedoch, gute Löthstellen anzuwenden, soll die Herstellung derselben hier nochmals ausführlich besprochen werden:

Die Enden der zu verbindenden Drähte lege man, nachdem ein kurzes Stück zuvor winkelrecht umgebogen ist, nach Fig. 20 α zusammen, feile die umgebogenen Stücke bis auf ganz kurze Nocken ab, und wickele nun in der in Fig. β skizzirten Weise 1·7 mm starken Wickeldraht um die Leitungen in engen, straffen Windungen herum. Hat man die eine Hälfte gewickelt, so windet man das Ende e, Fig. γ, noch 7—8mal um den einen Draht, dreht den Feilkloben herum und vollendet in

gleicher Weise die andere Hälfte der Wickelung, so dass die fertige Verbindung das Aussehen der Fig. δ erhält.

Fig. 20 α.

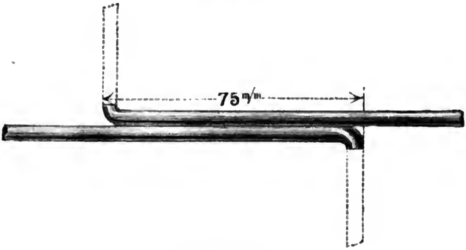


Fig. 20 β.

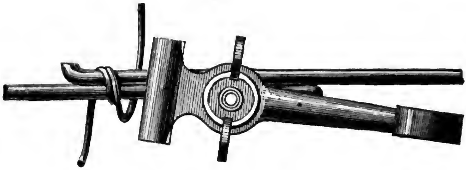


Fig. 20 γ.

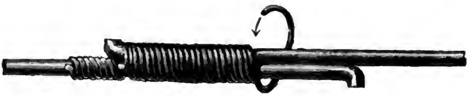


Fig. 20 δ.



Mit Hilfe eines grossen, flachen Löthkolbens wird nun die ganze Stelle mit Zinn verlöthet, so dass das Schnellloth von unten durch alle Windungen hindurchdringt

und eine innige, metallische Verbindung erzeugt. Das überflüssige Zinn wird mit der noch daran haftenden Löthsäure durch sauberes Abwischen, während der Draht noch warm ist, entfernt, so dass die Löthstelle ein silberglänzendes Aussehen erhält. Nicht sauber abgewischte Verbindungen rosten alsbald, was nach Möglichkeit zu vermeiden ist.

IV. Das Verlegen von Linien

wird, je nachdem die neue Richtung von der alten entfernt oder benachbart gelegen ist, verschieden ausgeführt. Die Veranlassung zu solchen Veränderungen einer Linie liegt entweder in Umbauten, wie sie an Eisenbahnen ja vielfach vorkommen, oder in Verlegung von Telegraphenämtern, respective darin, dass man eine Linie der besseren Bewachung halber von einer Strasse nach der Eisenbahn zu verlegen wünscht.

Bei grosser Entfernung beider Richtungen stellt man auf der ganzen Länge der neuen Linie zunächst complet armirte Stangen auf, und zieht die oberste Leitung aus neuem Drahte auf der Seite, welche nach der alten Richtung gelegen ist. Nach Verlöthen mit der entsprechenden alten Leitung schneidet man das nun entbehrlich gewordene, alte Stück ab, rollt es auf und stellt damit in gleicher Weise die zweite Leitung der neuen Richtung her. So fährt man fort, bis alle Leitungen übertragen sind. Das zuletzt übrigbleibende Stück alter Leitung wird für andere Zwecke aufbewahrt.

Bei geringer Entfernung beider Richtungen nimmt man zunächst so viel Stangen aus der alten Linie heraus,

B. Elektrische Leitungen für besondere Zwecke.

Abweichend von den Constructionen der Telegraphenleitungen im weitesten Sinne des Wortes sind in einzelnen Stücken diejenigen der Lichtleitungen; principiell jedoch unterscheiden sie sich von ersteren nur in ihrer Stärke, die Isolirung ist auch hier eine analoge.

Für Bogenlicht-Beleuchtungen einzelner Etablissements verwendet man entweder blanken Kupferdraht von 4—6 mm Durchmesser auf Isolatoren, oder ein entsprechend starkes Kupferseil, welches mit Guttapercha, imprägnirtem Band und Hanfbeklöppelung isolirt ist. Letzteres nagelt man wohl auch mit Drahtklammern und Gummiunterlagen direct an Pfosten, Stangen und Mauern fest. Da jedoch, wo die Leitungen von Stange zu Stange frei hängen, wäre die Anwendung von Isolatoren zur besseren Conservirung der Guttapercha-Ader zu empfehlen, wenn man die Kosten nicht scheut. Der gegen die Telegraphenleitungen grösseren Schwere der Lichtleitungen und deren Folgen lässt sich durch öftere Unterstützung derselben begegnen.

Die Glühlichtleitungen erfordern weit stärkere Constructionen, weil hier die grossen Querschnitte die zu tragende Last sehr bedeutend vermehren. Besonders die bleiumpressten Kupferseile, welche man zur Beleuchtung chemischer Fabriken verwendet, haben ein Gewicht bis 2·5 kg per Meter, je nach der Lampenzahl und nach den Entfernungen. Für solche Last sind nur kräftige Constructionen des Gestänges, starke Isolatoren und Stützen zu verwenden. Besonders im Mauerwerk müssen die Isolatorenstützen tief eingegypst werden und am

Ende mit kräftigen Steinschrauben versehen sein, damit sie nicht ausbrechen. Aus gleichen Gründen wählt man

Fig 22.

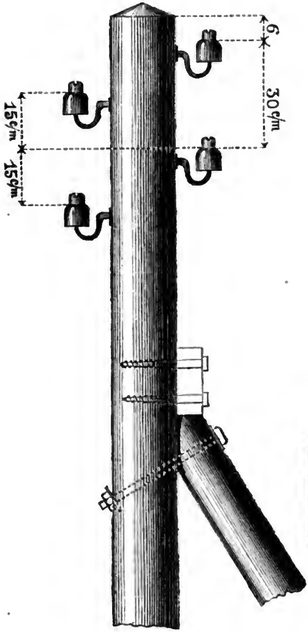
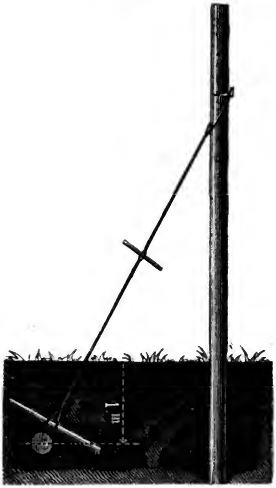


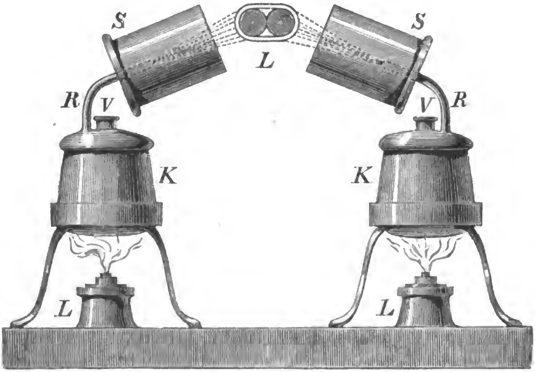
Fig. 23.



die hölzernen Stangen möglichst stark, nicht unter 18 cm Zopfstärke, und gibt denselben eine kräftige Verankerung, respective Verstrebung, wie sie in Fig. 22 und 23 abgebildet ist. Die Strebe erhält einen Schraubenbolzen, der durch die Stange hindurchreicht, darüber wird ein

Eichenholzklotz mit 2—3 kräftigen Schrauben befestigt. Der Anker wird nicht nur von einem Pfahle gehalten, sondern man schlägt beiderseits Pfähle vor ein kurzes Stück Rundholz, welches man am Ende in eine Drahtschleife gesteckt hat. Die Löthstellen sind bei Drähten bis zu 5 mm mindestens 75 mm, bis zu 8 mm min-

Fig. 24.



destens 100 mm und darüber 150 mm lang zu machen. Bei Leitungen von 10 mm Stärke und darüber leistet eine Doppellampe, Fig. 24, gute Dienste, welche folgendermassen construirt ist. Auf einem gemeinschaftlichen metallenen Rahmen sind zwei Spirituskessel *K*, ähnlich den Aeolipilen mit Ventilen *V* und Blaserohren *R* versehen, befestigt, in denen der Spiritus durch die beiden Lampen *L* verdampft wird. Die beiden schornsteinartigen

Rohre *S* halten das Feuer dieses Gebläses zusammen und concentriren es auf die Löthstelle *L.**)

Für mit Blei umpresste Leitungen verwendet man nicht allein zum Verlöthen der Bleihülle, sondern auch des Kupferseiles am besten ein Knallgasgebläse, in welchem Wasserstoff, mit atmosphärischer Luft gemischt, verbrannt wird. Die Handhabung eines solchen Apparates erfordert Uebung und Erfahrung, schon wegen der Explosionsgefahr, welche damit verbunden ist, man lässt daher am besten solche Löthungen unter Aufsicht von einem geübten Bleilöther ausführen. Die Wasserstoffflamme wird durch ein Luftgebläse bis zu 20 cm Länge erzeugt, trotzdem erfordert eine Löthstelle von circa 15 cm Länge in einem 20 mm starken Drahtseile etwa zwei Stunden. Um das abermalige Auflöthen des Kupferleiters beim Verlöthen der Bleihülle zu verhüten, schiebt man ein Stück schwaches Bleirohr von entsprechender Weite vor Anfertigung der Leitung auf das Seil, so dass es nach Vollendung der Verbindung darüber geschoben werden kann. Das Rohr muss mindestens 10 cm beiderseits über die Löthstelle übergreifen und wird an seinen Enden mit Bindedraht festgewürgt und verlöthet, die Mitte des Rohres ist während des Löthens möglichst abzukühlen. Da solche Leitungen zu schwer sind, als dass sie von einem Manne die Leiter hinaufgetragen werden könnten, so zieht man sie mit einem starken

*) Eine ähnliche Lampe wurde auch verwendet zum Verlöthen der Laschen an den Leitungsschienen der elektrischen Grubenbahn der Hohenzollerngrube. Siehe hierüber die Mittheilungen des Verfassers in der internationalen Zeitschrift für die elektrische Ausstellung in Wien 1883, S. 126 und 269.

Flaschenzuge hoch und bindet sie mit verbleitem Bindedraht von circa 2·5 mm Stärke an den Isolatoren fest.

Die Entfernung blanker Lichtleitungen von einander soll mindestens 30 cm betragen, wie dies auch im Anhange, von den Feuerversicherungs-Gesellschaften verlangt wird. Die Isolatoren sind stets so zu stellen, respective die Leitungen so anzubringen, dass sie nirgends den unteren Rand des Isolirkopfes berühren; andernfalls ist die Isolation geringer, weil der Strom von der Leitung bis zur Stütze einen viel kürzeren Weg hat, als vom seitlichen Drahtlager aus. Bei den starken Strömen des Lichtbetriebes findet bei mangelhafter Isolation nicht allein Stromverlust statt, sondern, was viel wichtiger ist, der Strom erhält auch an solchen Stellen leicht Wege von geringerem Widerstande, als die Lampen ihm bieten, er kehrt zum Stromerzeuger zurück, ohne Arbeit zu leisten, es bilden sich Funken am Stromabgeber, welche die Metalltheile angreifen oder gar den rotirenden Drahtkörper (siehe den Anhang) zerstören.

Wie wichtig bei Glühlicht eine gute Isolation ist, möge folgendes Beispiel zeigen: In einer neu erbauten Fabrik, deren Wände noch nicht ganz ausgetrocknet waren, hatte man gut, jedoch nicht wasserdicht isolirte Drähte theilweise in den Mauerputz verlegt. So lange man das elektrische Licht nur Nachts zur Montage der zahlreichen Maschinen benützte, ging alles ganz gut, sobald jedoch der Betrieb begann, trocknete die Hitze die Wände aus, ihr Wasser verdampfte und machte den äusserlich getrockneten Wandputz wieder feucht. Der Stromabgeber entwickelte in Folge dessen unter förmlichem Knallen

an den Bürsten starkes Feuer. Die Leitungen wurden aus den Wänden entfernt. In ihrer Umgebung war der Kalk an dem einen Drahte völlig von galvanoplastisch niedergeschlagenem Kupfer durchsetzt. Durch Trockenlegen der Leitungen wurde der Uebelstand beseitigt.

Nachdem wir die Herstellung der oberirdischen Leitungen möglichst ausführlich besprochen haben, wenden wir uns zu den versenkten Leitungen.

II.

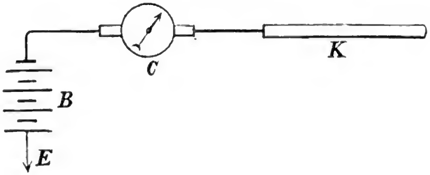
Jährliche Untersuchung von versenkten Leitungen.

Zufolge der eigenthümlichen Beschaffenheit der versenkten Leitungen kann man sie nicht wie die oberirdischen auf ihren Zustand mit dem Auge untersuchen, sondern man ist genöthigt durch Instrumente ihre Isolation und Leitungsfähigkeit zu bestimmen.

Kabel, welche ohne Unterbrechung von einer Station zur andern führen, werden nach der Anleitung in Bd. XVI, S. 174—188, dieser Bibliothek durch Messungen untersucht. Hier beschränkt sich die jährliche Revision nur auf die Einsteigebrunnen. Solche Leitungen jedoch, welche als Kabel durch Tunnel oder Wasserläufe führen, können von den Stationen aus nicht geprüft werden, man untersucht daher alljährlich einmal an Ort und Stelle ihren Zustand durch empfindliche Instrumente. Besonders sind auch die Verbindungsklemmen in den Ueberführungs-

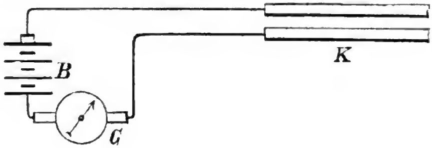
säulen, respective Ueberführungskasten, genau nachzusehen, damit der Betrieb nicht durch lockere Verbindungen gestört werde. Meistens hat man Reserveadern in solchen Kabeln zur Verfügung, welche man während

Fig. 25.



der Untersuchung der im Betriebe befindlichen Adern einschaltet; sind solche nicht vorhanden, so muss die Untersuchung zu einer Zeit bewirkt werden, in welcher

Fig. 26.



der Betrieb ruht, oder man stellt denselben auf Verabredung kurze Zeit ein.

Zunächst prüft man mit einem möglichst empfindlichen Galvanoskop, z. B. einem Differential-Galvanometer (siehe Bd. VIII dieser Bibliothek), jede einzelne Ader auf Isolation gegen die Erde, alsdann auf Isolation gegen einander. Das Wechseln der Adern muss an beiden

Enden möglichst gleichzeitig geschehen und erfordert einige Geschicklichkeit, wenn der Betrieb nicht gestört werden soll. Die Untersuchungen sind nach den Fig. 25 und 26 auszuführen: *G* ist das Galvanometer, *B* eine Batterie aus mindestens 4 Elementen (siehe den Anhang), *K* die Kabeladern, *E* die Ableitung zur Erde. Um die Empfindlichkeit des Galvanometers zu prüfen, schaltet man statt der in Fig. 26 angedeuteten Adern den menschlichen Körper mit beiden Händen ein. Erhält man hierbei einen merklichen Ausschlag, so ist das Instrument noch empfindlich genug, um Isolationsfehler von Bedeutung anzuzeigen. Gewöhnliche Galvanoskope sind für solche Zwecke wegen ihrer Unempfindlichkeit völlig ungeeignet. Die Befestigung der Kabel in den Tunnels oder an den Ufern von Wasserläufen und ihre Bedeckung gegen Erwärmung durch die Sonne sind zu untersuchen. Die Beschaffenheit der deckenden Holztheile der Anker und Warnungszeichen ist gleichfalls zu beachten. Auch ist eine gründliche Revision der Kabelblitzableiter und eine eventuelle Reinigung derselben nicht zu versäumen.

III.

Aussergewöhnliche Instandsetzung der Leitungen.

A. Oberirdische Leitungen.

1. Telegraphenleitungen.

Die Herstellungsweise der oberirdischen Leitungen bringt zahlreiche Störungen des Betriebes mit sich, welche in den Einflüssen der Witterung ihren Ursprung haben. Die Beseitigung und Reparatur solcher Schäden erfordert, besonders in der schlechten Jahreszeit, die volle Thätigkeit und Umsicht der Aufsichtsbeamten, sie müssen oft ihre volle Energie, ihren ganzen Fleiss einsetzen, um die Telegraphenleitungen betriebsfähig zu erhalten. Die Verkehrstelegraphie hat meistens nicht allein mehrere Leitungen zur Verfügung, sondern sie ist auch oft in der Lage, bei Linienstörungen auf Kabeln oder Umwegen Depeschen zu befördern. Der Eisenbahntelegraphie dagegen stehen zum Melden ihrer Züge günstigsten Falles zwei Leitungen zur Verfügung; sind diese gestört, so haben sie nur höchst selten Umwegsleitungen zur Aushilfe. Von dem regulären telegraphischen Zugmeldedienst hängt jedoch die Betriebssicherheit der Bahnzüge ab,

es müssen daher die Betriebsleitungen in möglichst kurzer Zeit von Störungen befreit werden.

Von denjenigen Störungen, welche durch mangelhafte Behandlung oder mangelhaftes Functioniren der Apparate und Batterien hervorgerufen werden, soll hier nicht die Rede sein, wir wollen hier nur diejenigen betrachten, welche auf den vom elektrischen Strome durchflossenen Wegen ausserhalb der Gebäude liegen.

Diese Störungen werden veranlasst durch:

wiederkehrende Einflüsse der Witterung und Localität,

Beschädigung der Leitungsanlagen,

Berührung der einzelnen Drähte untereinander. Dieselben erzeugen:

α) Beschädigung des Gestänges,

β) Zerreissen der Leitungen,

γ) Ableitungen des Stromes.

α Die Beschädigung des Gestänges entsteht durch Umbrechen der Stangen in Folge Fäulniss, Sturm oder Blitzschlag, Zerspringen und Abfallen der Isolatoren. Ist eine Stange umgebrochen, so stellt man sie lothrecht und befestigt sie provisorisch durch Pfähle oder durch Klebpfosten, bis der definitive Ersatz in der auf S. 8 beschriebenen Weise bewirkt werden kann. Die Leitungen, welche sich beim Umfallen etwa verschlungen haben, werden mit Hilfe einer Stange etc. wieder von einander getrennt. Zersprungene Isolirköpfe werden schleunigst aus Reservebeständen der Leitungsaufseher oder Bahnwärter ersetzt; hat man keine zur Hand, so wickelt man einen öligen Lappen um die Stütze und bindet den Draht

4*

daran fest, so dass weder der Bindedraht noch die Leitung das Eisen der Stütze berühren. Aus dem Loth gewichene Stangen werden nach der auf S. 22 gegebenen Anleitung wieder gerichtet.

β Das Zerreissen der Leitungen veranlasst besonders im Winter die starke Contraction des Metalldrahtes durch die Kälte, hierzu kommen noch Eis- und Schneeablagerungen und der Sturm, so dass alte oder zu straffe Leitungen mitunter in einer Nacht an 16 Stellen auf 10 km Länge zerrissen sind. In aussereuropäischen Ländern verursachen auch die auf den Leitungen in grosser Zahl sich schaukelnden Affen Drahtbrüche, welchen man durch 5—6 mm starke Drähte zu begegnen sucht.

Eis und Schnee entfernt man womöglich rechtzeitig mit Stangen und Besen, oder durch Klopfen an die Telegraphenstangen.

Die Enden eines zerrissenen Drahtes werden derart zur Seite genommen, dass sie weder die Erde noch andere Leitungen berühren. Ist man ohne weitere Hilfsmittel nicht im Stande, die Enden direct mit der in Fig. 27 und 28 abgebildeten Klemme oder Muffe herzustellen, so befestigt man auf zwei Stäben Isolatoren, legt an diesen die Leitungsenden fest und verbindet sie provisorisch durch ein Stück Draht.*)

*) Auf den deutschen Eisenbahnen haben die Bahnwärter für vorläufige Beseitigung von Betriebsstörungen eine »Instruction zur Bewachung und provisorischen Wiederherstellung der Staatstelegraphen-Leitungen«, sowie 1 Reservekopf, 1 Feile, 1 Fangschnur, 4 m Draht, 2 Klemmen; Bestände, welche von den Eisenbahnverwaltungen je nach Bedarf und Umständen noch vermehrt werden.

Die endgiltige Wiederherstellung eines gerissenen Drahtes geschieht genau in der auf S. 35 beschriebenen Weise, indem man ein circa 1 m langes Stück einsetzt, die Leitung wieder an den Isolatoren befestigt und eventuell den Durchhang regulirt.

γ Ableitungen des Stromes treten entweder ein als Nebenschliessungen (Erdberührungen, Bodenschlüsse) oder als Berührungen mit daneben befindlichen Leitungen. Dieselben werden verursacht durch hinein-

Fig. 27.

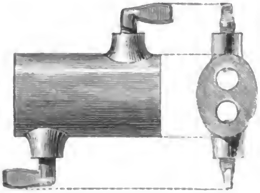


Fig. 28.



wachsende Baumzweige und Sträucher, umgefallene Bäume, Peitschenschnüre, Drachenschwänze und Eiszapfen. Wo es die Oertlichkeit, respective die Besitzer irgend erlauben, verkürzt man Baumzweige soweit, dass sie etwa 1 m von den Leitungen entfernt sind. Gewebe und Schnüre schneidet man mit einem, an einer Stange befestigten scharfen Messer ab.

So einfach die Beseitigung solcher Betriebsstörungen auch meistens sich gestaltet, um so mehr Schwierigkeiten macht oft die Auffindung von Fehlerstellen, worüber wir später sprechen wollen.

2. Leitungen für andere Zwecke.

Die Störungen und deren Beseitigung bei Telephonleitungen sind im grossen Ganzen analog denen der Telegraphenleitungen, jedoch kommt hier noch eine besondere Art von Störungen hinzu, welche sich bei der Verkehrstelegraphie nicht bemerkbar machen, es ist dies die Induction der Leitungen gegen einander. Ein Mittel hiergegen, streckenweises Verwechseln der Leitungen, wurde schon in Bd. XVI dieser Bibliothek, S. 77, angegeben. Neuerdings hilft man dem Uebelstande auch durch Doppelleitungen ab, die man wohl auch als Luftkabel, wie Herr C. L. Madsen in Kopenhagen construirt.*)

Die Fehler in Lichtleitungen machen sich in den meisten Fällen wegen der starken Ströme sofort durch Verbrennungen, respective Schmelzungen bemerkbar. Sind die Fehlerorte nicht mit blossem Auge bemerkbar, so sucht man sie mit Hilfe eines guten Galvanoskopes nebst Batterie auf. Will man ganz sicher gehen, so entfernt man sämmtliche Lampen und prüft mit einem Messapparat, z. B. dem Universal-Galvanometer, auf Isolation und Leitungsfähigkeit. Leitungsbrüche markiren sich sofort durch Ausgehen der Lampen, Bodenschlüsse jedoch sind oft ebenso schwer zu finden, wie bei den Telegraphenleitungen.

Man sollte principiell jegliche Art von elektrischen Leitungen nach ihrer Fertigstellung genau messen und den Isolationswiderstand notiren, damit man bei späteren Untersuchungen auch genau weiss, dass kein Fehler

*) Siehe elektrotechnische Zeitschrift, Berlin 1883, S. 508, und Zeitschrift für Elektrotechnik, Wien 1884, S. 24.

schon bei der Anlage gemacht wurde, was ja immerhin nicht unmöglich ist.

Bei elektrischen Bahnen sind Nebenschliessungen sofort an starker Funkenbildung der Primärmaschine zu erkennen. Die Maschinen mit gemischter Schaltung geben zwar, auch wenn sie leer und ohne Leitungen laufen, etwas Funken, jedoch nie in dem Masse, als wenn die Locomotive in Thätigkeit tritt oder wenn Fehler vorhanden sind. Hat man sich vergewissert, dass keine Nebenschliessungen in der Locomotive oder im Stromabgeber der Primärmaschine vorhanden sind, so prüft man die Kabel und Leitungen für sich auf Isolation und Widerstand, revidirt die Verbindungen, sowie die Isolatoren und entfernt alle die Leitungen berührenden Gegenstände. Ist hier eine Ursache der Störung nicht zu finden, so sind die Zuführungskabel von den Leitungen zur Locomotive und die Uebergangswiderstände zwischen Contactschlitten und Leitungen zu untersuchen. — Bei streng systematischem Vorgehen, unterstützt von empfindlichen Instrumenten, sowie geschulten Hilfskräften, wird man hier, wie bei Untersuchung elektrischer Leitungen überhaupt, stets zum Ziele kommen. Personen dagegen, welche weder mit theoretischen Kenntnissen, noch mit guten Apparaten ausgerüstet sind, die sich nur allein auf ihre praktische Erfahrung stützen können, wissen sich mitunter absolut nicht zu helfen, trösten sich damit, dass die Elektricität eine »sehr geheimnissvolle Kraft« sei, und tappen Tage lang vergeblich herum.*)

*) Mitunter begegnet man »sehr klugen« Leuten, welche der Meinung sind, man müsse nicht allen Verdienst den grossen Firmen lassen, sondern auch den kleinen Anlagen zur Ausführung geben, und

B. Versenkte Leitungen.

I. Telegraphenleitungen.

1. Unterirdische Leitungen.

Bei Beschädigung eines unmittelbar in die Erde versenkten Kabels hat man zunächst durch Messungen die ungefähre Lage der beschädigten Stelle in der in Bd. XVI dieser Bibliothek, S. 188—206, angegebenen Weise zu ermitteln, dann grenzt man die Stelle zunächst zwischen zwei Stationen und hierauf zwischen zwei Untersuchungsbrunnen ein, und gräbt das Kabel in der Mitte zwischen beiden vorsichtig, ohne es zu beschädigen, auf. Hat man keine Untersuchungsbrunnen angelegt, so ist der Fehler durch exacte Messungen möglichst genau zu ermitteln und an der ermittelten Stelle aufzugraben. Sind zur Ermittelung der schadhaften Adern Merkmale an demselben nicht vorhanden, so ist man gezwungen das ganze Kabel zu zerschneiden, worauf durch Messungen die fehlerhafte Ader bestimmt wird. Durch fortgesetztes Theilen des den Fehler enthaltenden Kabelstückes findet man schliesslich den Fehlerort, hier wird ein Stück Kabel herausgeschnitten und durch ein neues ersetzt.

So einfach auch theoretisch die Methoden sind, vermittelst deren man die Fehlerstellen in Kabeln bestimmt,

trotz aller Rathschläge sind sie von ihrem Vorhaben nicht abzubringen. Die Neuanlage wird dem kleinen Unternehmer übergeben, Alles geht zu Anfang gut, und der wohlmeinende Rathgeber wird verlacht. Doch bei der nächsten Betriebsstörung schon zeigt sich's wer recht hatte, die elektrische Bahn oder die Beleuchtung functionirt nicht, »weil ja die Sache noch zu neu ist!« so tröstet man sich und Andere, in Wahrheit aber ist man unfähig, das Uebel zu finden, wenn man's auch beheben könnte.

bietet doch die praktische Anwendung derselben einige Schwierigkeiten. Hauptsächlich die Erdströme bilden bei solchen Bestimmungen das grösste Hinderniss. Da weder ihre Stärke noch Richtung für eine bestimmte Zeit constant bleibt, so muss man oft lange warten, bis die Ader einmal stromlos und für eine richtige Messung brauchbar ist. So können in langen Kabeln Tage vergehen, ehe es möglich ist eine genügend genaue Messung auszuführen. Man wird also wohl kaum in der Lage sein, einen Fehler auf den Centimeter genau zu ermitteln, und muss daher ein Stück, welches die schadhafte Stelle enthält, herausschneiden. Dies geschieht in folgender Weise:

Etwa 40 cm von dem auszuführenden Schnitt macht man um das Kabel einen festen Bund aus Bindedraht, feilt die Schutzdrähte durch und biegt sie spiralig zurück, ebenso entfernt man die Hanfumwickelung, legt so die Guttapercha-Adern blos und schneidet sie durch. In gleicher Weise verfährt man am andern Ende des herauszuschneidenden Stückes. Sämmtliche Adern werden nun von allem Schmutz mit Naphtha gereinigt und an den Enden auf circa 5 cm Länge die Kupferseile von Guttapercha befreit. In gleicher Weise präparirt man das einzusetzende Kabelstück.

Die freigelegten Kupferdrahtenden werden auseinandergedreht, einzeln mit Schmirgelleinen blank gemacht, wieder zusammengedreht und verlöthet, worauf man die letzten 2 cm, wie in Fig. 29, schräge zufeilt. Alsdann werden zwei Enden mit den schrägen Flächen zusammengelöthet, mit womöglich verzinntem, circa 0·25 mm starken Kupferdraht fest und dicht bewickelt und der ganzen Länge nach verlöthet. Hierauf kommt eine zweite Wicke-

lung mit gleichem Drahte wie vorhin, die man jedoch, wie in Fig. 30, kürzer hält und nur an den Enden verlöthet.

Zu diesen Arbeiten benützt man einen kleinen Löthofen mit Spirituslampe, sowie kleine, in Fig. 31 abgebildete Löthkolben, auch ist der Löthwinkel Fig. 32 sehr bequem. Derselbe hat auf einem Stück Holz *A B* an den Enden die Stützen *C D*, welche das Kabel tragen. Die Löthstelle wird von den beiden Klemmbacken *E F* ge-

Fig. 29.



halten. Besser ist es, kein säurehaltiges Löthwasser zu verwenden, damit das Kupfer nicht durch zurückbleibende Säure angegriffen wird.*)

Fig. 30.

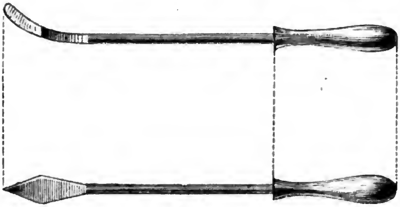


Nachdem man alle vorstehenden Spitzen des Drahtes oder des Zinnes beseitigt hat, reinigt man Alles sorgfältig mit Naphtha. Es folgt nun die Isolirung der Löthstelle, welche man jedoch am besten erst dann ausführt, sobald alle Adern des Kabels vereinigt sind. Die Löthstelle wird vorsichtig erwärmt, ganz dünn und gleichmässig mit Chatterton's Compound überzogen und mit dem Glätteisen Fig. 33 gerundet. Dieses Eisen ist auf einer Seite ziemlich scharfkantig, auf der andern mehr rundlich, es

*) Siehe auch Bd. XVI d. Bibl., S. 44.

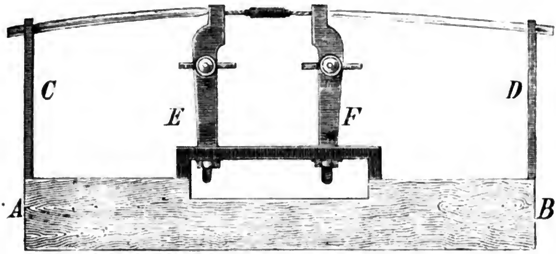
darf nicht zu heiss gemacht werden. Der erste Ueberzug ist in der Weise zu bewirken, dass man ein 5 cm langes

Fig. 31.



Stück der Guttapercha von beiden Seiten auf der Ader durch Erwärmen lose macht, mit den Fingernägeln abstreift und drehend und reckend über der ganzen Löth-

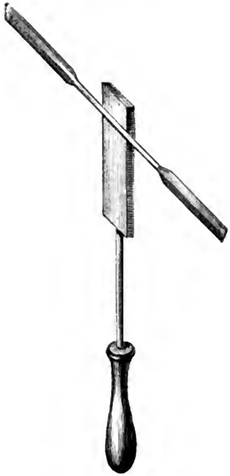
Fig. 32.



stelle vertheilt. Durch Erwärmen mit der Naphthalampe und Kneten mit den Fingern rundet man die Stelle gleichmässig um den Kupferleiter. Man erwärmt wieder und bringt abermals Compound darauf, das man mit dem

Glätteisen gleichmässig vertheilt. Zu diesen Operationen muss man öfter die Finger nass machen; damit jedoch keine Feuchtigkeit in die Isolirung mit eingeschlossen werde, ist öfter zu erwärmen und mit Naphtha der Ueberzug von Nässe zu befreien.

Fig. 33.



Es folgt die zweite Isolirschicht: von einer circa 2·5 mm starken Guttaperchaplatte schneidet man mit einer krummen, feuchten Scheere ein 15 bis 18 cm langes und 3—4 cm breites Stück ab, erwärmt dieses wie die Löthstelle, und legt es reckend von unten fest an, so dass die abgekniffenen Enden der Guttapercha-Ader noch circa $1\frac{1}{2}$ cm überdeckt werden. Nun biegt man die Platte nach oben, doch so, dass keine Luft mit eingeschlossen wird, vereinigt die Ränder und schneidet das Ueberflüssige mit der krummen Scheere weg, wobei alle noch etwa dazwischen sich befindende Luft herauszupressen ist. Diese Operation erfordert viel Uebung; schneidet man zu viel ab, so kann die Luft nicht heraus, schneidet man zu wenig ab, so bildet sich keine glatte Naht, sondern eine Rinne. Durch das Glätteisen und eine neue Compoundschicht vollendet man die Löthstelle und reibt sie mit feuchter Hand völlig glatt und rund.

Die Hanfbespinnung und die Schutzdrähte legt man spiralig wieder um die neue Verbindung herum und umwickelt die ganze Stelle dicht mit verzinktem, 2·5 mm starkem Eisendraht, den man gut mit Kabelasphalt bestreicht. Die überstehenden Enden der Schutzdrähte biegt man um den Wickelbund um. In gleicher Weise verfährt man mit dem andern Ende des einzusetzenden Kabelstückes.

Hat man behufs Ermittelung des Fehlers an mehreren Stellen das Kabel durchschnitten, so folgt nun die Wiedervereinigung dieser Stellen. Bei der festen Lage des Kabels im Erdboden ist es nicht möglich, die getrennten Enden in der obenbeschriebenen Weise übereinander zu legen und zu verlöthen, man hilft sich daher hier mit einem circa 5 cm langen starken Stück Kupferdraht, das man in gleicher Weise wie oben durch zwei Wickelungen und Verlöthen befestigt und mit zwei Guttaperchalagen isolirt.

Die weit umständlichere Anfertigung der Löthstellen in Kabeln mit Hooper'schen Gummiadern und deren Isolirung durch weisse und rothe Cementstreifen, die in einem 160° C. heissen Harzbade vereinigt werden, können wir hier füglich übergehen, da solche Kabel wenig in Verwendung sind.

Bei Röhrenkabeln ist man zur Ausführung von Reparaturen genöthigt, das defecte Kabel aus dem Röhrensystem zu entfernen und dasselbe durch ein Vorrathskabel oder durch isolirte Drähte provisorisch zu ersetzen. Beim Legen der Röhren hat man meistens einen Eisendraht mit hineingelegt, mit dessen Hilfe man (oder gleich an dem herauszuziehenden Kabel) ein Seil ein-

zieht, welches zur Legung der provisorischen Leitung benützt wird. Ist das beschädigte Kabel herausgezogen, der Fehler ermittelt und beseitigt, so zieht man dasselbe mit dem Seile wieder ein. (Siehe hierüber auch Bd. XVI dieser Bibliothek, S. 118.)*)

2. Unter Wasser versenkte Kabel.

Die Legung und Löthung von Wasserkabeln ist im Allgemeinen schon in Bd. XVI dieser Bibliothek, S. 140 bis 148 besprochen worden. Die Reparaturen derselben, mit denen wir's ja hier hauptsächlich zu thun haben, werden in analoger Weise ausgeführt, wie die der Erdkabel, jedoch muss man hier dem Umstande Rechnung tragen, dass sie nicht in dem Masse vor Beschädigungen geschützt sind, wie die Landkabel.

Eisgang, Wellenbewegungen, Staken und Schiffsanker zerstören sie öfter; ihre Ausbesserung muss daher in einer Weise erfolgen, dass sie den genannten Einflüssen möglichst widerstehen. Man hat hierzu nicht allein besonders stark construirte Ersatzstücke zu verwenden, sondern auch die Verbindungen möglichst fest herzustellen.

Ist das Verkürzen eines solchen Kabels zu grosser Spannung halber nicht möglich, um eine beschädigte oder zerrissene Stelle durch eine einfache Löthstelle zu beseitigen, so setzt man ein längeres Stück ein. Die Löthstellen für diese Zwecke werden in folgender Weise gefertigt:

*) Ueber die Prüfung der Löthstellen hat Bd. XVI d. Bibl., S. 124—126 ausführliche Auskunft gegeben. Vor Unterlassung einer solchen Prüfung kann nicht genug gewarnt werden.

Zur besseren Verbindung der Schutzdrähte legt man die Löthung so an, dass nach Vereinigung der Adern die ersteren übereinander greifen. Um dies zu erreichen, legt man 75 cm vom Ende Wickelbunde aus

Fig. 34 a.

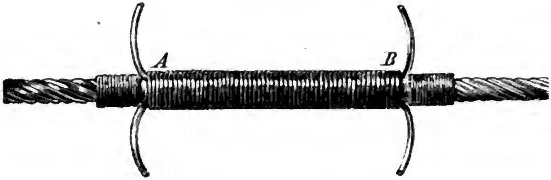


Fig. 34 b.

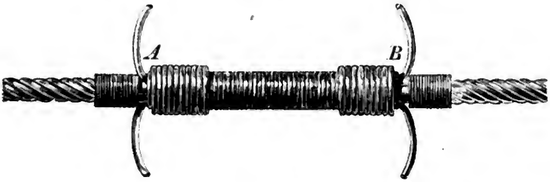
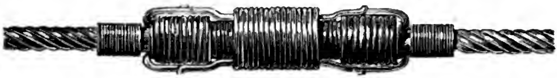


Fig. 34 c.



schwacher Leitung um die Schutzdrähte, biegt letztere spiralig zurück und verkürzt die Kabel-Adern um 50 cm. Die Löthstelle und deren Isolirung wird in gleicher Weise, wie bei Landkabeln (S. 57) angefertigt. Alsdann legt man die Schutzdrähte wechselseitig über- und ineinander, und umwindet sie mit Draht, wie in Fig. 34*a*,

verstärkt an den Enden bei A und B noch diese Wickelung, Fig. 34*b*, biegt die Enden der Schutzdrähte darüber und umwickelt sie nochmals in der Mitte.

Die fertige Löthstelle hat dann das Aussehen der Fig. 34*c*. Bei dieser Art der Verbindung erzielt man eine gewisse Festigkeit gegen Zerreissen der neuen Verbindungsstelle. Will man besonders bei Seekabeln noch grössere Haltbarkeit erzielen, so wendet man eiserne Muffen verschiedenster Construction an. Die Anfertigung der Löthstellen bewirkt man auf einem verankerten Boote, an dessen Enden die Kabel-Enden festgebunden werden. Die Anwendung des S. 59 Fig. 32 abgebildeten Löthwinkels erleichtert die Arbeit. Die gewissenhafteste Sorgfalt ist zur sicheren Erreichung einer guten, dauernden Reparatur nothwendig. Arbeiten dieser Art sind theils so schwierig, dass sie ohne speciell dazu ausgebildetes Personal nicht gut durchgeführt werden können. Das Herausfischen der Enden eines gebrochenen Kabels oder die Ermittelung defecter Adern bieten oft grosse Schwierigkeiten, auf die wir jedoch hier nicht besonders eingehen können.

Die Landung sehr schwerer Kabel wird in folgender Weise bewerkstelligt:*)

Nachdem das Kabelschiff vor Anker gegangen, landet man ein schwaches Seil, und zieht mit demselben starke Hanftaue nach. Das Kabel, von circa 15 Tonnen Gewicht per Knoten, wird durch leere Fässer von je 174 kg Tragfähigkeit in 9—25 m Abstand schwimmend erhalten, an den Tauen befestigt und durch eine Loco-

---

*) Siehe »The telegraphic Journal«. Mai 1877.

motive ans Land gezogen. Hierauf schneidet man die Stricke, mit welchen das Kabel an den Tonnen befestigt war, durch, und bringt so dasselbe zum Sinken.

II. Leitungen für starke Ströme.

a) Bleikabel.

Für elektrische Beleuchtung verwendet man aus verschiedenen Gründen neuerdings verbleite Leitungen, welche schon in Bd. XVI, S. 35 und 219, erwähnt wurden. Dieselben haben durch ein mit isolirender Harzmasse getränktes Gespinnst nicht allein erhöhte elektrische Eigenschaften gegenüber den Guttapercha-Kabeln erhalten, sondern sie sind auch billiger, wie die letzteren. Eine Bleiumpressung schützt die Kabel gegen Feuchtigkeit, so dass sie auch von kochendem Wasser nicht zerstört werden können.

Die Ueberleitung des Stromes an den Enden oder in Löthstellen, zwischen dem Kupferleiter und Bleirohr wird durch besondere Verschlüsse verhindert.*)

In vielen Fällen genügt es, die Enden, welche z. B. an Bogenlampen befestigt sind, in folgender Weise zu präpariren: circa 10 cm vom Ende führt man rings um die Bleihülle einen nicht ganz hindurchdringenden Schnitt und reisst das so abgetrennte Stück Rohr drehend und ziehend herunter, so dass ein möglichst glatter Rand entsteht, den man wohl auch noch etwas aufbiegt. Unter

*) Siehe Instruction über Behandlung der Patent-Bleikabel im Allgemeinen, mit besonderem Hinweis auf die Zubereitung der Kabel-Enden, sowie auf die Anfertigung der Löthstellen. Berlin 1883, Siemens & Halske.

allen Umständen muss man es vermeiden, dass kleine Ecken und Zinken des Bleirandes in das isolirende Gespinnst hineindringen.

Nun schneidet man die letzten 3 cm des Gespinnstes, am besten mit einer krummen Scheere, ab, schabt die Kupferleitung blank und umwickelt das ganze Ende, mit Ausnahme der vordersten 3 cm, mit Isolirband, das mit der oben erwähnten Harzmasse getränkt ist. Eine zweite Umwickelung mit gewöhnlichem Bande schützt die Isolirung vor Witterungs-Einflüssen.

Sollen die Kabel-Enden noch sorgfältiger isolirt werden, so wendet man als Endverschluss Hülsen aus vulcanisirtem Gummi an, die in folgender Weise zu befestigen sind. Das Kabel-Ende wird in gleicher Weise wie vorhin von der Blei-, respective Gespinnsthülle befreit, das Bleirohr mit einem Schaber von Schmutz und Asphalt gereinigt, und das Gespinnst mit einem Faden zusammengebunden. Hierauf taucht man das Ende so oft in warmflüssige Harzmasse ein, bis das Gespinnst die Stärke des Bleirohres erreicht hat, und steckt dann die in Fig. 35 abgebildete Gummihülse darüber, welche durch vier Würgbunde aus Kupferdraht befestigt wird. Die Länge des zu entfernenden Bleirohres, des freizulegenden Gespinnstes und des blanken Kupferdraht-Endes, somit auch der Gummihülse, richtet sich je nach dem Bedürfnisse in den verschiedenen Gebrauchsfällen.

Löthstellen zur Verbindung zweier Enden fertigt man in folgender Weise an: je nach der Stärke legt man die Kupferseele 20—60 mm frei, feilt sie schräge ab und bildet überhaupt eine Löthstelle, ähnlich wie bei den Telegraphenkabeln, S. 58. Zuvor reinigt man die

Bleihülle eines Endes und schiebt ein genügend langes Stück Bleirohr darüber, präparirt überhaupt die Enden wie vorhin. Die Löthstelle umwickelt man hierauf mit getränktem Isolirbande, bis die Stärke über dem Kupfer und Gespinnst so gross ist, als die innere Weite des übergeschobenen Bleirohres, und taucht die ganze Verbindung in ein warmes Bad der Harzmasse mehrfach ein. Das Bleirohr schiebt man über, so dass es noch die überflüssige Isolirungsmasse abstreift, und dichtet es zunächst an einem Ende, wie in Fig. 36, durch Drahtbunde oder durch Verlöthen. Das andere Ende weitet man etwas trichterförmig aus, hält die Verbindungsstelle vertical und erwärmt sie durch eine Spiritusflamme, lässt die Luft entweichen und füllt noch Isolirmasse nach, alsdann ist auch dieses Ende wie vorhin zu verschliessen. Alle diese Arbeiten sind mit der grössten Sauberkeit und mit reinen, nicht feuchten Händen auszuführen, damit die Isolirung eine möglichst vollkommene werde. Das übergeschobene Bleirohr soll an den Enden 5—10 cm überstehen.

Fig. 35.



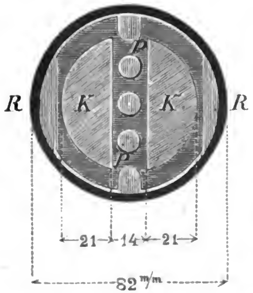
Fig. 36.



b) Eisenrohrleitungen.

Zur elektrischen Canalisation verwendet man die von Edison construirten Leitungen, von denen ein Querschnitt in Fig. 37 abgebildet ist. In einem eisernen Rohre *R* sind zwei kreissegmentförmige Kupferstäbe *K* durch Pappscheiben *P* centrirt und durch sogenannte »Edison-Masse« isolirt, welche aus Asphalt, Paraffin und Colophonium besteht und in warmflüssigem Zustande hineingepumpt wird. Rohre, die nicht den sehr hohen, als Norm geltenden Isolationswiderstand von 250.000 Ohm aufweisen, werden verworfen. Die Leitungen haben eine Länge von 20' englisch und werden durch den in Fig. 38 gezeichneten Kasten verbunden, in welchem die Rohre mit Feder und Nuth festgehalten und die Vereinigung der Kupferleiter durch besondere Klemmen hergestellt sind.

Fig. 37.



Der Kasten besteht aus zwei Theilen mit aufgeschraubtem Deckel, sein innerer Raum ist mit obiger Isolirmasse ganz ausgefüllt. Für Winkel und Curven werden entsprechend geformte Winkelstücke angewendet. Veränderungen in diesen Leitungen werden hauptsächlich bei neuen Abzweigungen nöthig, die man in folgender Weise anlegt:

An passender Stelle öffnet man einen der Verbindungskasten, erweicht mit einer Löthlampe die Isolirmasse und legt die Kupferleiter frei. Nun stellt man

Fig. 38.

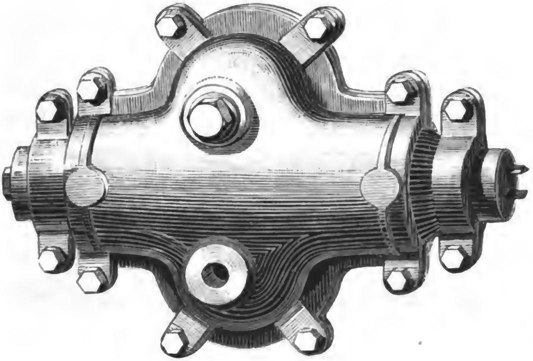
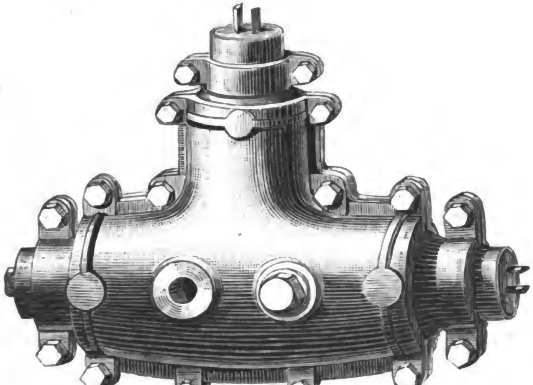
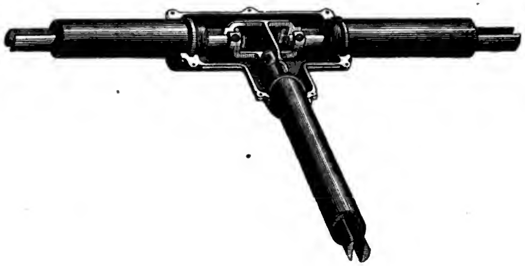


Fig. 39 *a*.



durch entsprechend starke Kupferstücke provisorische Verbindung her, entfernt die Verbindungsklemmen und auch den unteren Theil des Kastens. An des letzteren Stelle wird hierauf ein ⊥ Stück, Fig. 39*ab*, eingesetzt, die abzweigende Leitung gelegt und mit passenden Klemmen verbunden. Die Enden der ca. 5 cm aus den Röhren hervorragenden Kupferbarren erhalten einen Abstand von 5 cm. Die U-, resp. ⊥ förmigen Verbindungsstücke werden

Fig. 39 *b*.



mit Schrauben an den Enden befestigt und mit einer Wasserstoffflamme (siehe S. 45) verlöthet. Zwischen die Pole der Leitungen legt man in Paraffin getränkte Cartonblätter. Verschluss und Isolirung der Abzweigung geschehen in ähnlicher Weise, wie oben beschrieben. Die in Gebäuden abzweigenden Leitungen erhalten gegen Zerstörung durch zu starken Strom eine Bleisicherung.

IV.

Die Betriebsstörungen auf elektrischen Leitungen und deren Ermittlung.

In den voraufgehenden Capiteln haben wir die Mittel kennen gelernt, mit welchen man Reparaturen an elektrischen Leitungen aller Art ausführt und wie man Veränderungen in denselben vornimmt: es dürfte jedoch auch wünschenswerth sein, die Methoden kennen zu lernen, nach denen die Fehler ermittelt werden, welche diese Betriebsstörungen veranlassen.

Wenn es auch nicht möglich ist, diese Specialtechnik bis ins Einzelne ohne praktische Anwendungen kennen zu lernen, so sollen hier doch nach Möglichkeit die Principien in grossen Umrissen mitgetheilt werden, welche für solche Untersuchungen massgebend sind.

I. Störungen auf Telegraphenlinien.

a) Oberirdische Leitungen.

Bevor man zur eigentlichen Untersuchung schreitet, muss man aus den sich zeigenden störenden Erscheinungen auf die Natur des Fehlers schliessen. Hierbei ver-

lasse man sich nicht auf die Mittheilung Anderer, sondern überzeuge sich selbst nach eigenen scharfen Beobachtungen, wie die Erscheinungen auftreten; das erspart oft viel Zeit und Mühe.

Die Ursache der Störungen kann zweierlei Art sein:

α) Unterbrechung der Leitung;

β) Ableitung des Stromes.

Je nachdem eine Leitung mit Ruhe- oder Arbeitsstrom betrieben wird, weichen die Erscheinungen und auch Untersuchungen etwas von einander ab. Schon an anderer Stelle wurde erwähnt, dass die Eisenbahntelegraphen heutzutage eine sehr wichtige Rolle spielen, diese sowohl als auch die Staatstelegraphen kleinerer Bezirke werden vorzüglich mit Ruhestrom betrieben. Es erscheint daher wohl gerechtfertigt, wenn wir zunächst die Störungen auf solchen Leitungen betrachten, besonders da sich die Abweichungen für Untersuchung von Arbeitsstromleitungen daraus sehr leicht ergeben.

α) Unterbrechung der Leitung.

Zunächst hat man in allen Fällen festzustellen, ob die Störungsursache innerhalb der Stationsgebäude liegt oder nicht. Erst dann schreitet man zur Untersuchung der Strecke, wenn man sich genau vergewissert hat, dass die Fehlerstelle in der Station sich nicht befindet.

Wenn auch die Revision einer Station nicht hierher gehört, so ist sie doch so eng mit der Untersuchung von Leitungen verknüpft, dass wir sie füglich nicht gut übergehen können. Dieselbe erstreckt sich auf die Batterien, Apparate und Leitungen. Bei völliger Unterbrechung des Stromes geben die Apparate kein

Zeichen, die Nadeln der Galvanoskope bewegen sich nicht. Man untersucht zunächst die Batterie mit einem Galvanoskop.*) Ergibt sich kein Strom in derselben, so untersucht man die Verbindungsklemmen zwischen den einzelnen Elementen, ob alle Drähte darin festsitzen und blanken Contact haben, alsdann die zu den Elektroden führenden Drähte. Besonders bei Meidinger-Elementen wird der Draht am Kupferpol leicht da, wo die Kupfervitriollösung aufhört, angegriffen, respective zerfressen, sobald der Blei- oder Guttapercha-Ueberzug schadhaft geworden ist. Mitunter ist auch ein gesprungenes Batterieglas die Ursache der Unterbrechung, weil die Flüssigkeit ausgelaufen ist und die Polplatten eines solchen Elementes dann keine Verbindung mehr haben.

Bei Leclanché-Elementen liegen die Fehlerstellen meist oben sichtbar an den Polklemmen.** Gibt eine Batterie selbst nach Herstellung guter Verbindungen noch

*) Für derartige Uutersuchungen eignet sich am besten ein Galvanoskop mit horizontaler Magnetnadel, deren Welle sich in Steinen bewegt; dasselbe hat eine starke Windung zur Untersuchung von Batterien und viele schwache Windungen zur Prüfung von Leitungen. Die Drähte endigen einerseits in einer gemeinschaftlichen, anderseits hat der starke und der schwache Draht je eine besondere Klemme. Eine ganz genau horizontale Stellung des Instrumentes ist bei dieser Einrichtung für gewöhnliche Untersuchungen nicht erforderlich. Die verticalen Instrumente sind zwar billiger, aber oft unbequem, weil man in vielen Stellungen die Nadel schlecht sehen kann.

**) Näheres über die galvanischen Elemente und deren Behandlung findet man in Bd. IV dieser Bibliothek. Neuerdings verwendet man für die Telegraphie mit Erfolg auch Secundär-Batterien oder Accumulatoren und dynamoelektrische Maschinen; siehe auch Bd. I dieser Bibliothek, sowie Elektro-technische Rundschau 1884, S. 85.

keinen oder doch nur schwachen Strom, so ist dieselbe neu anzusetzen, respective mit neuen Polplatten zu versehen, oder durch Nachfüllen von Wasser und den nöthigen Salzen aufzufrischen.

Ist die Batterie in Ordnung, so untersucht man die von derselben zu den Apparaten, respective zur Erde führenden Drähte, sowie die Verbindungen derselben mit dem Blitzableiter. Wenn hier Alles in Richtigkeit ist, so muss man nach Kurzschliessen des Apparatsystems durch »Abstecken« im Blitzableiter Strom erhalten (falls die Station eine Linienbatterie hat).

Sind auf einer Endstation alle Leitungen stromlos, so ist die Erdleitung gebrochen.

Bei elektrischen Blockapparaten kommt es, besonders bei zu kleinen Erdplatten, mitunter vor, dass der Strom durch andere Blockleitungen zurückkehrt und falsche Zeichen gibt. Hier ist die zu kleine Erdplatte zu stark oxydirt; man legt eine grössere womöglich tiefer, oder stellt Verbindung mit Wasserleitungen oder Eisenbahnschienen, respective mit den Gestängen der Weichenstellvorrichtung her.

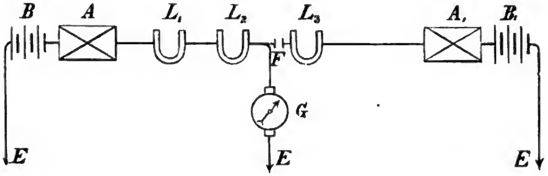
Nun untersucht man die Drähte von den Blitzableitern bis zur Einführung der Leitungen in das Gebäude.

Hat man so die Gewissheit erlangt, dass ein Stationsfehler nicht vorhanden ist, so stellt man durch Anfrage und Weisungen zum »Abstecken« die Zwischenstationen fest, zwischen welchen Orten der Fehler zu suchen ist. Dann erst begibt man sich auf die Strecke. Oft wird man Leitungsbrüche schon vom Eisenbahnzuge aus sehen können.

Bei Eisenbahn-Telegraphenleitungen hat man auf der Strecke auch die Glocken-, respective Wärterhäuser und Streckentelegraphen-Stationen zu untersuchen.

Liegt die Bruchstelle nicht sichtbar, so findet man sie mit Hilfe eines Galvanometers gar bald, indem man dasselbe zwischen Erde und zu untersuchende Leitung einschaltet. Man trennt beim ersten Glocken-, respective Wärterhause an einer Klemme die Leitung, dann erhält man bei nur einem Bruch nach einer Richtung Strom, nach der andern nicht; setzt man das die Strecke

Fig. 40.



entlang fort, so kommt man schliesslich an den Ort, wo man an einigen Stellen nach beiden Seiten keinen Strom erhält, vorausgesetzt, dass der Linienstrom der andern Richtung bei der nächsten Station zur Erde geleitet ist; zwischen diesen beiden liegt dann die Unterbrechungsstelle. Zur näheren Erläuterung des Gesagten diene die Skizze Fig. 40. A und A_1 seien die Stationsapparate, $B B_1$ die Batterien, L_{1-3} die Läutewerke, F die Bruchstelle, G das Galvanoskop, welches man durch kurze besponnene Kupferdrähte wie oben eingeschaltet hat. Bei L_1 und L_2 erhält man nach Trennen der Leitung nur von A aus Strom, bei L_3 jedoch auch von A_1 aus.

Sehr viel mehr Schwierigkeiten machen periodische Unterbrechungen, die man gewöhnlich nur dann finden kann, wenn sie im Moment der Untersuchung noch nicht verschwunden sind. Sie werden mitunter erzeugt durch Drahtbrüche in besponnenen Leitungen, in denen sich die Bruchenden, z. B. vom Winde bewegt, berühren oder trennen.

Auch Unterbrechungen, welche durch stark verrostete Löthstellen, z. B. an Abspannungen, entstehen, sind nicht so leicht zu finden. Will man nicht zu zeitraubenden und umständlichen Messungen schreiten, so ist man genöthigt, durch fortgesetzte Theilung der Leitung die mit dem Fehler behaftete Stelle auszumitteln. Stehen Streckentelegraphen für die Verständigung mit der Station nicht zur Verfügung, so schaltet man zu bestimmt vorher festgesetzten Zeitpunkten auf der Strecke ein starkes Telephon mit Ruftrompete ein. Auf längeren Strecken ist es der starken Inductionsströme wegen nicht möglich, das Telephon zum Sprechen zu benützen, man muss dann Morsezeichen mit einer Taste nach der Station geben und das Telephon als Empfangsapparat für die Morseschrift benützen, was bei einiger Uebung ganz gut geht; auch verwendet man für diese Zwecke kleine Klopfrelais oder sogenannte sounders. Dieselben sind in kleinen, flachen Hartgummi-Dosen eingeschlossen, so dass man sie leicht mit sich führen kann. Für mit nur schwachen Strömen betriebene Ruhestromleitungen müssen solche Apparate zahlreiche Windungen auf dem Elektromagneten haben, damit sie sicher und laut genug ansprechen.

Bei nur theilweisen Drahtbrüchen geht der starke Strom von Inductoren wohl noch hindurch, Batterie-

strom jedoch nicht mehr; solche Stellen sind natürlich nur bei grosser Aufmerksamkeit und Uebung zu finden.

Eine scheinbare Unterbrechung entsteht mitunter auch dann, wenn beim Erneuern einer Batterie die Pole verwechselt werden. Die entgegengesetzten Ströme der Batterien heben sich theilweise oder ganz auf, so dass die Apparate scheinbar vom Strome nicht durchflossen werden, oder der Strom wird so vermindert, dass nur schwache oder gar keine Zeichen auf den Apparaten entstehen. Welcher Pol einer entfernten Batterie an Leitung liegt, kann man von jeder beliebigen Station aus ermitteln, sobald keine andere Batterie dazwischen liegt, sonst muss man diese erst auf die Pollage prüfen. Zur Untersuchung nimmt man ein Galvanoskop, legt z. B. den Kupferpol eines Elementes an die rechte Klemme und beobachtet, nach welcher Seite die Magnetnadel ausschlägt. Entfernt man nun die Telegraphenleitung vom Blitzableiter und schaltet das Galvanoskop ein, so schlägt die Nadel nach der gleichen Seite wie vorhin aus, wenn bei der entfernten Batterie Kupfer an Leitung, entgegengesetzt, wenn Zink an Leitung liegt.

Bei Ruhestromleitung mit Relaisbetrieb und Localbatterien ist natürlich auch der Localstromkreis zu untersuchen. Eine Unterbrechung in demselben macht sich sofort dadurch bemerkbar, dass das Relais durch den Linienstrom zwar bewegt wird, die Schreibapparate jedoch keine Schrift geben.

β) Ableitung des Stromes.

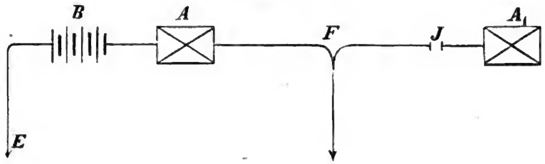
Die hier auftretenden Erscheinungen sind verschieden, je nach der Beschaffenheit des Weges, auf dem der

Strom entweicht. Verursacht werden dieselben durch Erdberührungen, Contact mit fremden leitenden Körpern und durch Berührung mit anderen Leitungen.

1. Berührungen mit der Erde.

Bei unmittelbarer Berührung einer Telegraphenleitung mit der Erde macht sich gewöhnlich auf derjenigen Station, in deren Nähe der Nebenschluss liegt, ein grösserer Ausschlag am Galvanoskop bemerklich, und über die Fehlerstelle hinaus ist keine Station zu errufen, während

Fig. 41.



der Apparat der rufenden Station gut anspricht, und alle nach der entgegengesetzten Seite liegenden Aemter (also diesseits der Fehlerstelle) auch Verständigung haben.

Ist die Fehlerstelle derart beschaffen, dass der gebrochene Draht einerseits in der Luft schwebt, anderseits auf der Erde liegt, so hat die erstere Strecke eine völlige Unterbrechung, die andere einen Bodenschluss.

Fehler dieser Art findet man am leichtesten, wenn man auf der einen Station die Leitung isolirt, z. B. wie in Fig. 41. Bei *J* schaltet man zwischen Station *A* und Fehlerort ein Galvanoskop ein, so erhält man, so lange man sich noch vor *F* befindet, Strom, hinter *F* dagegen

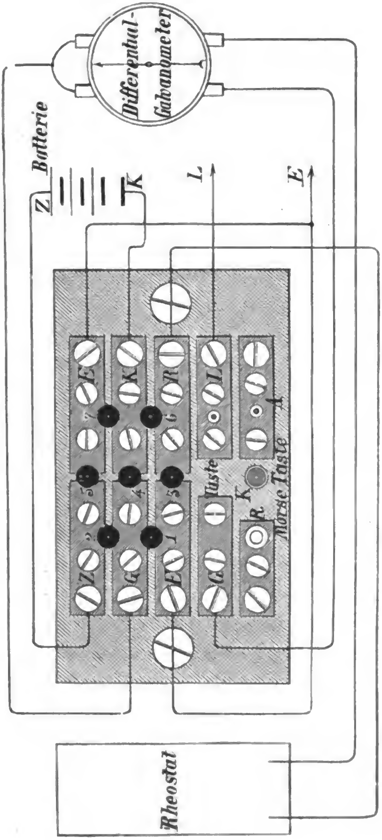
keinen mehr, oder doch nur sehr wenig, da die Batterie B zwischen E und F in sich geschlossen ist und Station A_1 keine Verbindung nach A hat. Ist die eine Seite der Leitung unterbrochen, so verfährt man hier, wie weiter oben schon erörtert wurde.

2. Berührung mit fremden Körpern.

Die Erscheinungen, welche sich bei directem Erdschluss zeigen, finden sich bei Berührung einer Leitung mit fremden, zur Erde ableitenden Körpern gleichfalls, jedoch je nach der Leitungsfähigkeit dieses Körpers in geringerem Maasse. Störungen dieser Art sind mit die schlimmsten, weil sie am schwersten zu finden sind.

Messungen führen zwar theoretisch hier am ersten zum Ziele, in der Praxis jedoch sucht man meistens durch Theilung der Leitung die schadhaften Stellen zu ermitteln. In seltenen Fällen ist eine Leitung für Messungen auf längere Zeit frei zu machen, die Induction aus Nebenleitungen, welche mit starken Inductionsströmen betrieben werden, sowie Erdströme, machen die Messungen schwierig. Ferner hat man ja aus praktischen Rücksichten verschiedene Drahtstärken in einer Leitung, die Berechnung des Fehlerortes auf Grund von Messungen wird nicht allein ungenau, sondern ist vielfach auch schwer durchführbar, besonders bei den so stark und dauernd beanspruchten Eisenbahn-Telegraphenleitungen. — Da mitunter auch eine selbst ungenaue Messung doch über die Natur des Fehlers Aufschluss geben kann, wollen wir hier einige Messmethoden und Apparate im Folgenden kennen lernen.

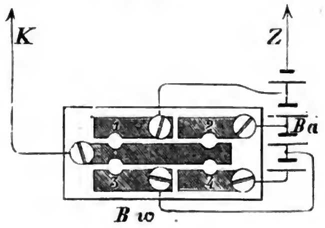
Fig. 42.


Differential-
Galvanometer
Batterie
Z
K
L
E
Taste
Morse Taste
Rheostat

Die Messinstrumente, welche man zu elektrischen Messungen auf oberirdischen Leitungen vielfach braucht, sind das Differential-Galvanometer, Rheostat, Umschalter, Taste, Batterie und Batteriewähler.

Eine sehr bequeme Vorrichtung für Messungen aller Art ist die in Fig. 42 abgebildete Schaltung.*) Auf einer gemeinschaftlichen Hartgummiplatte sind oben sechs Klemmen befestigt, welche dazu dienen, zwischen der Batterie, dem Differential-Galvanometer, dem Rheostaten, sowie der Leitung und der Erde die verschiedensten Verbindungen schnell und sicher auszuführen. Darunter befindet sich eine Messtaste, mit welcher man nach vollendeter Umschaltung die Messbatterie schliesst. Für Verständigung auf einer Morselinie ist noch eine Taste *R* mit Ruhe- und Arbeitscontact angebracht. Als Batteriewähler ist die in Fig. 42*a* abgebildete Vorrichtung im Gebrauche, deren Anwendung aus der Skizze ohne weiteres ersichtlich ist.

Fig. 42 *a*.



Die Messungen: Zur Prüfung auf Erdstrom schaltet man alle Widerstände im Rheostaten aus, setzt

*) Siehe auch O. Canter. Aufgaben aus dem Gebiete der Telegraphentechnik. Breslau 1878, S. 66, woselbst eine ähnliche Vorrichtung beschrieben ist.

Stöpsel 3 ein und drückt die Taste. Die Messbatterie ist hierbei nicht thätig, die Nadel des Galvanometers wird also nur durch Erdstrom bewegt. Zum Polwechsel der Messbatterie stöpselt man bei Messung des Widerstandes entweder Loch 3, 4, 5 mit Zink an Erde oder Loch 2, 3, 7 mit Kupfer an Erde. Für Prüfung der Isolation stöpselt man Loch 5 und 6 und schaltet allen Widerstand im Rheostaten aus. Zur Bequemlichkeit kann man die Apparate in einem besonders eingerichteten Kasten vereinigen, in welchem sie festgeschraubt werden und permanente Verbindungen erhalten, so dass die Messungen schnell von statten gehen. Die Batterie gibt man besser in einen besonderen Kasten, welcher 4 bis 10 Pappelemente enthält, je nach dem Zwecke, für welchen sie dienen sollen. Abweichend von der später gegebenen Beschreibung dieser Elemente fertigt man sie jetzt auch statt mit runden Gläsern in viereckigen Hartgummizellen.

Will man mit sehr empfindlichen Instrumenten arbeiten, so wählt man das auf S. 124 beschriebene Universal-Galvanometer oder eine Wheatstone'sche Brücke; siehe Band XVI d. Bibl., S. 204.

Für die Ermittelung von Fehlern, wie auch zur Berechnung der Batteriestärken ist es von Vortheil, den Widerstand einer jeden Leitung in gutem Zustande zu kennen. Solche Widerstandsmessungen werden am genauesten, wenn man drei parallele Leitungen zur Verfügung hat, aus denen man alle Apparate während der Messung ausschaltet; aus drei Messungen ergibt sich dann (mit Ausschluss von Erdleitungen):

$$\text{Leitung } a + b = x$$
$$\text{»} \quad a + c = y$$
$$\text{»} \quad b + c = z$$

und hieraus der Widerstand von

$$\text{Leitung } a = \frac{x - z + y}{2}$$
$$\text{»} \quad b = \frac{x - y + z}{2}$$
$$\text{»} \quad c = \frac{y - x + z}{2}$$

wo x, y und z die am Rheostaten abgelesenen Widerstände für jede gemessene Schleife bedeuten.

Kann man nach genauen Registern ermitteln, wieviel Kilometer schwacher und starker Draht in einer Leitung sind, so muss die Berechnung des Widerstandes mit obiger Messung annähernd übereinstimmen. Widerstandsmessungen einzelner Leitungen mit Hilfe von Erdleitungen werden meist ungenaue Resultate liefern, weil die Erdströme und Uebergangswiderstände an den Erdplatten und deren Polarisation störend wirken.

Hat man nur zwei Leitungen zur Verfügung, so misst man ihren Gesammtwiderstand, indem man die entfernten Enden mit einander verbindet, dann ist:

$$a + b = R$$

nun legt man Leitung a an Erde und misst diese allein, so ist

$$a + \text{Erdwiderstand} = R_1.$$

Hierauf misst man Leitung b mit Erde:

$$b + \text{Erdwiderstand} = R_2$$

so ist

$$\frac{R_1 + R_1 + R_2}{2} = a + b + \text{Erdwiderstand}$$

6*

und der Widerstand der Leitung a ist

$$r_1 = \frac{R_1 + R_4 + R_5}{2} - R_5$$

der Widerstand der Leitung b ist

$$r_2 = \frac{R_1 + R_4 + R_5}{2} - R_4 .$$

Diese Methode schliesst den Einfluss des Uebergangswiderstandes aus, jedoch nicht denjenigen der Erdströme.

Der Isolationswiderstand einer Leitung ist der Länge derselben proportional, da die Summe der Ableitungen um so höher, je länger der Draht ist. Die Stromstärke einer beliebig grossen Batterie wird gleich Null auf eine gewisse Entfernung, wenn

$$n\,l = 4\,r$$

wird, d. h. wenn die Länge der Linie gleich ist dem vierfachen mittleren Widerstande eines Isolators, dividirt durch deren Anzahl, oder gleich dem vierfachen Gesammtwiderstande aller Nebenschliessungen.*) Daher kann man auf oberirdischen Leitungen höchstens auf 1200 km, bei sehr schlechtem Wetter höchstens auf 450 km direct »arbeiten«. Um vergleichbare Grössen für verschiedene Leitungen zu erhalten, multiplicirt man den Gesammtisolationswiderstand mit der Länge in Kilometern, und erhält so den Isolationswiderstand per Kilometer, welchen man mit einem festgesetzten Normalwiderstande vergleicht. Genau ist diese Methode, besonders bei langen Leitungen, nicht, da der Stromverlust in der Nähe der Messbatterie per Stützpunkt grösser ist, als nach dem Ende zu. Die

*) Siehe R. Ferrini. Technologie der Elektricität und des Magnetismus, Jena 1879, S. 468.

entfernteren Stücke der Leitung misst man also in Wirklichkeit mit schwächerer Batterie.

Wenn auch nicht genau an allen Stützpunkten einer oberirdischen Leitung der gleiche Stromverlust stattfindet, so kann man denselben doch bei längerer Leitung als auf der ganzen Linie gleichmässig vertheilt annehmen, so dass man den Isolationswiderstand $J = Ri \cdot \frac{Re}{r}$ setzen kann, wo r der Leitungswiderstand per Längeneinheit, Ri der gemessene Isolationswiderstand, und Re der gemessene Leitungswiderstand ist. Diese Messungen und Bestimmungen können genau nur bei gutem Wetter ausfallen, da man in Wirklichkeit den wahren Widerstand vermindert, um die Leitungsfähigkeit der Isolatoren zu bestimmen.*) Nach diesem kurzen Ueberblicke über verschiedene Messungen, um die Beschaffenheit elektrischer Leitungen kennen zu lernen, kehren wir wieder zur Fehlerbestimmung bei Nebenschlüssen zurück.

Findet in einer Ruhestromleitung durch eine Nebenschliessung keine Stromableitung statt, so müssen sich die Gesammtwiderstände vor und hinter der Nebenschliessung wie die elektromotorischen Kräfte der bezüglichen Batterien verhalten.**)

Hat man neben der mit Nebenschluss behafteten Leitung noch eine fehlerfreie Leitung zur Verfügung,

---

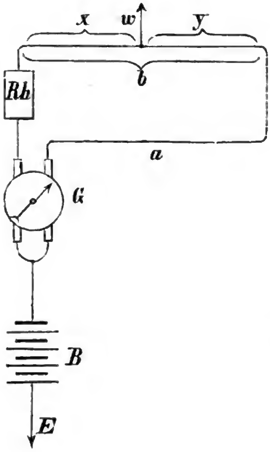
*) Es empfiehlt sich sehr, die Prüfung der Telegraphenleitungen täglich durch Messung des ankommenden Stromes nach Stromstärke und Spannung in Ampère und Volt zu bewirken, wie dies auf englischen Linien vielfach (und bei Beleuchtungsanlagen wohl ausnahmslos) geschieht.

**) Siehe O. Canter. Aufgaben aus dem Gebiete der Telegraphentechnik. Breslau 1878, S. 45.

so wendet man zur Bestimmung desselben die Erdfehlerschleife in folgender Weise an:

In Fig. 43 stelle a die intacte Leitung und w die Nebenschliessung in der andern dar. Schaltet man den Rheostaten, die Batterie und ein Differential-Galvanometer*) nach der Skizze ein und verbindet beide Leitungen auf der entfernten Station, so erhält man den gemessenen Widerstand

Fig. 43.



$$R + x = a + y \text{ und}$$
$$y = b + x$$

woraus sich ergibt

$$x = \frac{a + b - R}{2}.$$

Der Widerstand der Leitung b in normalem Zustande muss natürlich für obige Messung bekannt sein. Im Anhange ist die Erdfehlerschleife bei Anwendung des Universal-Galvanometers angegeben.**) Die Erdfehlerschleifen-Methode kann auch zur Bestimmung des Einzelwiderstandes zweier Leitungen benützt werden,

*) Siehe Bd. VIII d. Bibl., S. 29, sowie auch Bd. X d. Bibl., S. 142 u. ff.

**) Zahlreiche Messmethoden bringt auch unter Angabe aller Vorsichtsmassregeln und Eliminirung der verschiedenen störenden Einflüsse H. R. Kempe's Handbook of electrical testing. London. Spons 1881.

welche man am entfernten Orte verbindet und gemeinschaftlich an Erde legt.

Steht nur die mit Nebenschluss behaftete Leitung zur Verfügung, kann man jedoch von beiden Enden aus messen, und ist der Gesammtwiderstand der normalen Leitung bekannt, so misst man nach Fig. 44:

$$x + z = w_1.$$
$$y + z = w_2.$$

da nun

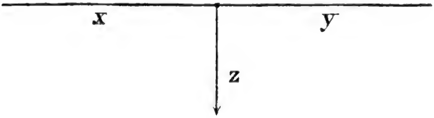
$$x + y = w$$

bekannt ist, so ergibt sich

$$x = \frac{w_1 - w_2 + w}{2} \quad \text{und}$$

$$y = \frac{w_1 - w_2 - w}{2}.$$

Fig. 44.



Will man nur von einer Station aus messen, so bestimmt man

$$w_1 = x + z$$

$$w_e = x + \frac{1}{\frac{1}{z} + \frac{1}{y}}$$

da aber

$$x + y = w$$

bekannt ist,

so folgt $x = w_e - \sqrt{(w_i - w_e)(w - w_e)}$ und

$$y = w - w_e \sqrt{(w_i - w_e)(w - w_e)}.$$

Erhält man

$$w_i = w_e \quad \text{so ist}$$
$$z = 0 \quad \text{also}$$
$$x = w_i = w_e$$

das heisst, es ist völliger Erdschluss vorhanden.

w_i bedeutet den gemessenen Isolationswiderstand;
w_e bedeutet den gemessenen Leitungswiderstand mit Hilfe der Erde.

Es kann nicht Aufgabe dieses Bandes sein, alle elektrischen Messmethoden in voller Ausführlichkeit zu bringen, deren praktischer Werth noch dazu sehr zweifelhaft ist, sondern es sollen hier nur die in der Praxis als bewährt und am nothwendigsten erkannten Messungen erläutert werden. Ausführlichere Angaben findet man in den mehrfach citirten Werken. Kehren wir also zu unseren Untersuchungen zurück und betrachten

3. Die Berührung mit anderen Leitungen.

Die hierbei auftretenden Erscheinungen sind sehr verschieden, je nachdem Ruhestromleitungen unter sich oder mit Arbeitsstromleitungen in Contact sind. Die Stärke der verschiedenen Batterien und deren Pollage modificirt die Störungen noch in mehrfacher Weise.

Zuweilen lassen sich die Erscheinungen genau schwer feststellen, und nur mit Hilfe der Stromverzweigungs-Gesetze eingehend erklären. In den meisten Fällen jedoch machen sich die Störungen durch verworrene Zeichen

oder Ankommen von Depeschen aus fremden Leitungen leicht bemerklich.

Will man die Berührungsstelle durch Messung ermitteln, und können beide Leitungen, die in Berührung sind, stromlos gemacht werden, so verfährt man nach der auf Seite 88, Fig. 44, erläuterten Methode, indem man die eine Leitung an beiden Enden zur Erde ableitet. Die Messungen werden ungenau, sobald der so hergestellte Nebenschluss in der Berührungsstelle veränderlich ist.*)

b) Störungen auf versenkten Leitungen.

Die Erscheinungen sind hier ähnliche, wie sie schon in den vorigen Abschnitten mitgetheilt wurden; auch sind die Fehler-Ermittelungen schon bei der Reparatur der Kabel besprochen worden, es möge zunächst hier eine Methode noch mitgetheilt werden**) zur Bestimmung von Isolationsfehlern in kurzen Kabeln. Zunächst grenzt man, z. B. bei Stadtleitungen, den Fehler zwischen zwei Untersuchungsstationen nach Möglichkeit ein und zieht zwischen den Endpunkten I und II eine isolirte Hilfsleitung *CD*, Fig. 45, mit welcher man durch ein empfind-

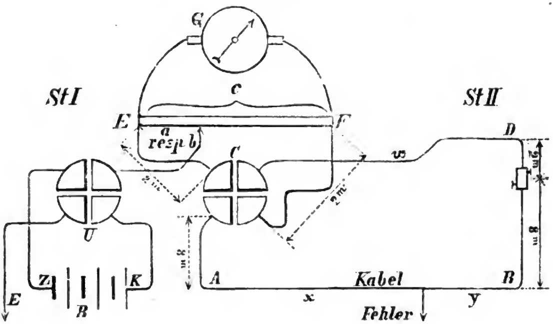
---

*) Für das gute Gelingen von Messungen auf Telegraphenlinien überhaupt ist die richtige und exacte Mitwirkung der Aemter eine grosse Hauptsache, welche Directstellung, Isolirung und Erdverbindung am Blitzableiter herzustellen, respective ihre Station oder Batterie auszuschalten haben. Bei dem weniger ausgebildeten Personale der Eisenbahntelegraphie erzielt man das richtige Verständniss für die Ausführung der verschiedenen Schaltungen am sichersten durch Skizzen mit Erläuterung, die man am besten in die Dienst-Instruction mit aufnimmt.

**) Siehe die Methode von Dr. Nippoldt, »Centralblatt für Elektrotechnik«, 1883, Nr. 22.

liches Galvanometer G, eine Messlatte EF, 3 m lang, mit ausgespanntem Stahldraht und Schleifcontact, den Kabelstücken CE, CF, CA und DB, den Umschaltern U und C, sowie einer Batterie von 20—100 Elementen, eine Wheatstone'sche Brücke herstellt. Die Kabelstücke müssen von gleicher Beschaffenheit wie das zu untersuchende Kabel und von gleichem Widerstande sein.

Fig. 45.



Nach obiger Schaltung führt man auf beiden Stationen I und II Messungen aus. Der Draht der Messlatte muss genau kalibrirt und vor Witterungseinflüssen geschützt sein.

In der Figur sind die verschiedenen Widerstände in der Brückenschaltung und Erdfehlerschleife mit kleinen Buchstaben benannt. Regulirt man die Widerstände so, dass das Galvanometer auf Null zeigt, so ist

$$\frac{a}{c-a} = \frac{x}{y+w}; \quad \frac{b}{c-b} = \frac{y}{x+w}.$$

Nach Eliminirung von w ergibt sich hieraus

$$x = \frac{a}{a+b}(x+y); \quad y = \frac{b}{b+b}(x+y).$$

Die Widerstände sind den Drahtlängen der Kabel und Messlatte proportional, die Länge des fehlerhaften Kabels gleichfalls, man kann also für a und b die bezüglichen Längen der Messlatte (für Station I respective II) und statt $x+y$ die Länge L des Kabels setzen. Es ist dann die Entfernung des Fehlers

$$x = \frac{a}{a+b}L; \quad y = \frac{b}{a+b}L.$$

Durch den Umschalter C vertauscht man die Enden des Messdrahtes und nimmt aus beiden Messungen das Mittel; mit dem zweiten Umschalter U wechselt man die Pole.

Schon auf Seite 47—49 wurde Einiges über die Ermittelung von Fehlern in Kabeln mitgetheilt, bei der Wichtigkeit der Sache sollen jedoch an dieser Stelle die Methoden für die verschiedensten Fälle einen Platz finden, welche schon im Bd. XVI gelegentlich der Kabellegungen gegeben wurden.

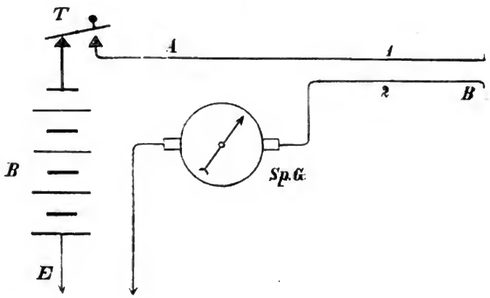
Die Messungen gestalten sich verschiedenartig, je nach Art des Fehlers, also der Beschädigung des Kabels. Ehe man zu denselben schreitet, ist jedoch, wie bei oberirdischen Leitungen schon gesagt wurde, festzustellen, ob die Störung innerhalb des Amtes oder auf der Strecke, oder in einer Zwischenstation liegt. Hat man auf diese Weise den Fehler eingegrenzt, so muss man sich über die Natur desselben klar werden.

Die meisten auf Telegraphenkabeln vorkommenden Störungen zeigen sich als Isolationsfehler, Erdschlüsse

und Berührungen zweier Leitungen, oder als Unterbrechung, respective Verminderungen der Stromstärke.

Isolationsfehler entstehen durch Beschädigung der Guttapercha-Umhüllung; ist dieselbe so stark, dass die Erdfeuchtigkeit bis zum Kupferleiter eindringt, so hat man völligen Erdschluss. Berührung zweier Leitungen ohne Erdschluss tritt gewöhnlich an schlecht hergestellten Löthstellen auf.

Fig. 46.



Findet man, im Verhältniss zu den periodischen Messungen (siehe diese in Bd. XVI d. Bibliothek, S. 174) den Isolationswiderstand einer Ader sehr hoch und bleibt er derselbe, ob die Ader am Ende isolirt ist oder an Erde liegt, so ist ein völliger Bruch des Kupferleiters vorhanden.

Ein sehr geringer Isolationswiderstand bei nur einer Ader lässt auf Nebenschluss im feuchten Erdreich schliessen.

Ergeben zwei Adern Nebenschluss, so macht man eine Schaltung wie in Fig. 46. Auf der Station *A* verbindet man die eine Ader 1 durch eine Taste *T* mit einer Batterie *B*, deren anderer Pol an Erde liegt; die zweite Ader 2 wird durch ein Spiegelgalvanometer *Sp. G.* gleichfalls zur Erde abgeleitet. Auf Station *B* sind beide Adern zu isoliren.

Beide Adern haben Verbindung, wenn beim Tastendruck sich eine dauernde Spiegelablenkung zeigt; ist eine solche nicht vorhanden, so müssen zwei für sich bestehende Fehler vorhanden sein, die eventuell an verschiedenen Orten liegen.

Verminderung der Stromstärke entsteht durch Störung des metallischen Contactes im Kupferleiter.

Da fast alle Telegraphenkabel mehrere Adern haben, so wird man meistens in der Lage sein, die Messungen so auszuführen, dass die Ungenauigkeit derselben möglichst gering wird, indem man den Einfluss der Polarisation der Fehlerstelle und der Erdplatte vermeidet. Wie sehr ungenaue Messungen das Resultat beeinflussen können, möge man daraus entnehmen, dass bei den Kabeln des Deutschen Reiches die Ungenauigkeit von 1 Ohm schon eine Längendifferenz des berechneten Fehlerortes von circa 100 m ergibt. Es ist also mit aller Schärfe, unter Berücksichtigung aller Nebenumstände und genauester Temperatur-Correction, zu verfahren.

Bestimmung des Fehlerortes.

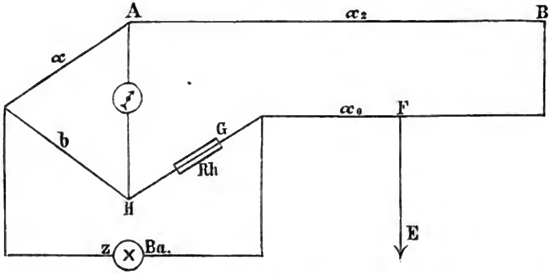
1. Verfahren bei der Verletzung der Guttaperchahülle, einer Ader ohne Verletzung der Kupferlitze.

I. Neben der fehlerhaften Ader α_0 sind mehrere fehlerfreie Adern α_1, α_2 und α_3 vorhanden.

Zunächst ermittelt man den Kupferwiderstand der fehlerhaften Ader α_0 und zweier fehlerfreien Adern α_1 und α_2 bei der zur Zeit obwaltenden Temperatur des Kabels.

Die 3 Adern α_0 α_1 α_2 mit den Widerständen K_0 K_1 und K_2 werden von Erde isolirt und mit einander auf der Endstation, bis zu welcher gemessen werden soll, verbunden. α_0 α_1 werden in A wie gewöhnlich an die

Fig. 47.



Brücke gelegt, der zweite Pol der Batterie wird jedoch von Erde getrennt und an den Endpunkt G, Fig. 47, der Brücke gelegt.

Alsdann wird der Kupferwiderstand von

$$\alpha_0 + \alpha_1$$
$$\alpha_0 + \alpha_2$$
$$\alpha_1 + \alpha_2 \text{ gemessen}$$

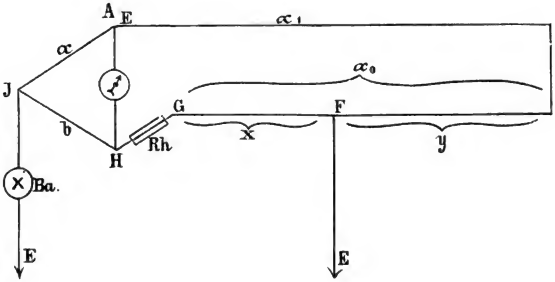
man erhält dann

$$\text{Schleife } p_1 = K_0 + K_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1.$$
$$\text{»} \quad p_1 = K_0 + K_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2.$$
$$\text{»} \quad p_3 = K_1 + K_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3.$$

Daraus ergibt sich

$$\left.\begin{aligned} K_1 &= \frac{p_1 + p_3 - p_2}{2} \\ K_2 &= \frac{p_2 + p_3 - p_1}{2} \\ K_0 &= \frac{p_1 + p_2 - p_3}{2} \end{aligned}\right| \quad \ldots\ldots \quad 4.$$

Fig. 48.



Hierbei sind die Brückenarme a und b am besten gleich zu wählen, und zwar gibt man ihnen diejenigen der verfügbaren Werthe, welche dem Widerstandswerthe der ganzen Schleife p am nächsten kommen, also

$$a = b = 1000 \text{ Ohm}$$

bei langen Schleifen von mehr als 500 Ohm.

$$a = b = 100 \text{ Ohm}$$

bei Schleifen bis 500 Ohm.

Alsdann legt man die Schleife $\alpha_0 + \alpha_1$ nach obenstehender Skizze, Fig. 48, an die Brücke und führt die Messung in der Erdfehlerschleife (Loop—test) aus.

Der Pol der Batterie wird direct an Erde gelegt. Der Eckpunkt G ist dadurch nach F verlegt, der Erdfehler liegt im Batteriezweige, F ist nun der Scheitelpunkt der Schleife

$$a_1 + BF \text{ ist eine Seite} = K_1 + y$$
$$HG + GF \text{ ist die andere Seite} = r + x.$$

Es wird r so regulirt, dass das Spiegelinstrument auf Null bleibt. Dann ist

$$\frac{a}{b} = \frac{K_1 + y}{x + r}$$
$$x + y = K_0, \text{ also } y = K_0 - x$$
$$\frac{a}{b} = \frac{K_0 + K_1 - x}{x + r}$$

hieraus

$$y = \frac{a(K_0 + K_1) - ar}{a + b} \quad \ldots \ldots \quad 5.$$

$K_0 + K_1$ ist aus der Messung bekannt $= p$, also

$$x = \frac{bp_1 - ar}{a + b} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 6.$$

Es ist dies der Widerstandswerth des Kabels vom Messamt A bis zur Fehlerstelle bei der Temperatur, welche das Kabel augenblicklich besitzt. Zur Bestimmung der Länge l dieser Strecke dient die Proportion

$$1 : L = x : K_0 \; \frac{l}{L} = \frac{x}{K_0}.$$

L ist die ganze Länge von A bis B des Kabels, also

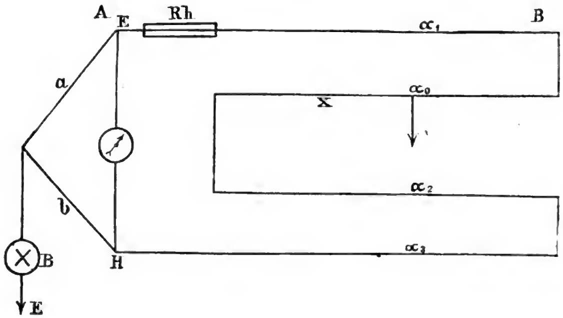
$$l = L \frac{x}{K_0} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 7.$$

oder wenn man die Werthe aus 4 und 6 einsetzt

$$l = 2L \frac{bp_1 - ar}{(a + b)(p_1 + p_2 - p_3)} \quad \ldots \quad 8.$$

Ist der Widerstandswerth des Fehlers klein, so gebe man den Seiten a und b gleiche Widerstände, welche $p_1 + x$ am nächsten kommen; ist er gross, so mache man beide $= 1000$ oder $a = 100$ und $b = 1000$, die Messung ist dann viel unsicherer, weil der circulirende Strom zu schwach ist, daher sind bis 100 Elemente anzuwenden (sonst nur 10); man nehme auch aus mehreren Messungen das Mittel.

Fig. 49.



x wird meist etwas zu gross gefunden, weil der durch die normale Leitungsfähigkeit der Guttapercha herbeigeführte Stromverlust auf dem kurzen Zweige x der Schleife geringer ist, als auf dem längeren $\alpha_1 + y$.

Kann man von beiden Enden aus messen, so wird $x + y$ grösser sein aus obigem Grunde als K_0, von A bis F ist

$$w = \frac{1}{2} K_0 + \frac{x - y}{2},$$

von B bis F ist

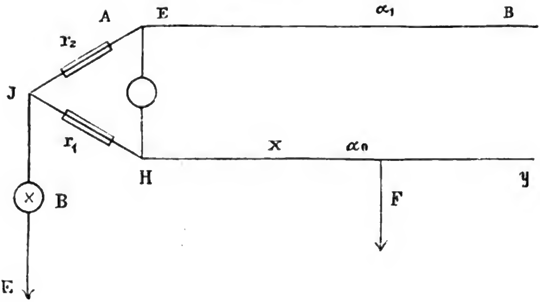
$$= {}^1/_2 K_0 - \frac{x - y}{2}$$

Kann man nur von einem Ende aus messen, so macht man eine zweite Messung nach folgendem Schema, Fig. 49, wenn $a = b$ gemacht ist.

$$R + K_1 + K_0 - x = x + K_2 + K_3.$$

$$x = \frac{R + K_1 + K_0 - (K_2 + K_3)}{2}.$$

Fig. 50.



Die Werthe von $K_0 + K_1$ und $K_2 + K_3$ sind wie oben besonders festzustellen.

x ergibt sich nun etwas zu klein, weil die Strecke im längeren Theile der Schleife liegt, man muss daher aus beiden Werthen das Mittel nehmen.

Man kann auch die Erdfehlerschleife nach obigem Schema, Fig. 50, messen:

r^1 und r^2 werden so gestöpselt, dass das Galvanometer keinen Strom zeigt.

Dann ist

$$\frac{r}{r_2} = \frac{x}{K_0 + K_1 - x} \quad r_1 : r_2 = x : K_0 + K_1 - x$$

$$x = \frac{r_1}{r_1 + r_2} (K_0 + K_1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 9.$$

richtet man die Messung so ein, dass

$$r_1 + r_2 = K_0 + K_1$$

wird, so ergibt sich ohne Rechnung

$$x = r_1.$$

Ebenso ist von B aus zu messen.

II. Neben der fehlerhaften Ader (α_0) ist nur eine fehlerfreie Ader α verfügbar.

Man kann in diesem Falle in der unter I angegebenen Art den Werth von $K_0 + K_1 = p_1$ zwar direct messen, also auch x finden, nicht aber den zur Bestimmung der Entfernung l nöthigen Werth von K_0, unter den obwaltenden, unbekannten Temperaturverhältnissen der Kabel feststellen.

Das Verhältniss zwischen den Kupferwiderständen zweier Adern, etwa

$$\frac{K_1}{K_0} = \alpha$$

muss bei allen Temperaturen dasselbe sein. Der Werth dieses Verhältnisses lässt sich aus den regelmässigen Messungen am fehlerfreien Kabel ermitteln.

Nach Messung 1 ist alsdann

$$p_1 = K_1 + K_0 = K_0 \, (1 + p)$$

$$K_0 = \frac{p}{l + \gamma}$$

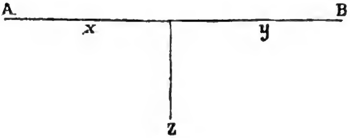
Setzt man diesen Werth in 7 ein, so ergibt sich:

$$l - L x \frac{(1 + r)}{p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 10.$$

III. Neben der fehlerhaften Ader a_0 ist keine fehlerfreie Ader vorhanden. Fig. 51.

Von A aus werden 3 Messungen gemacht auf Kupferwiderstand: in B isolirt, an Erde, und an Erde durch einen bekannten Widerstand. K_0 K_1 K_2 sind die 3 gefundenen Widerstände, $x =$ Widerstand von A bis

Fig. 51.



zur Fehlerstelle, $y =$ Widerstand von B bis zur Fehlerstelle, $z =$ Nebenschliessungs-Widerstand.

$$K_0 = x + z$$

$$K_1 = x + \frac{y \cdot z}{y + z}$$

$$K_2 = x + \frac{z(y + r)}{y + z + r}$$

und hieraus:

$$x = K_0 - \sqrt{\frac{r(K_0 - K_1)(K_0 - K_2)}{K_2 - K_1}} \quad . \quad 11.$$

von B aus in gleicher Weise y ermittelt und aus x und y das Mittel genommen.

2. Verfahren bei vorhandener Erdableitung an einer Ader mit gleichzeitiger Beschädigung der Kupferlitze.

I. Die Kupferlitze ist nicht ganz durchschnitten, also an sich noch stromfähig, so ist die gesuchte Länge neben dem gemessenen Werthe von K_0

$$l = L \cdot \frac{x\gamma}{K_1} \quad \ldots \ldots \quad 12.$$

II. Die Kupferlitze ist ganz durchbrochen.

Ist Feuchtigkeit in die zerstörte Guttapercha-Isolirung eingedrungen, so ist Erdschluss in diesem Falle vorhanden. Ein wenig Strom wird immer noch durch die eingedrungene Feuchtigkeit die Bruchstelle passiren. Genauigkeit der Messungen lässt sich hier schwerlich erzielen, da die Polarisation der Fehlerstelle die Messungen sehr beeinträchtigt.

3. Verfahren, wenn eine Zwischenberührung zwischen 2 Adern ohne gleichzeitige Erdableitung stattfindet.

I. Neben den fehlerhaften Adern α_0 und α_3 sind 2 fehlerfreie Adern α_1 und α_2 verfügbar.

Man misst am besten vom Messamte bis zur nächsten hinterm Fehler belegenen Zwischenstation mit Umschalter.

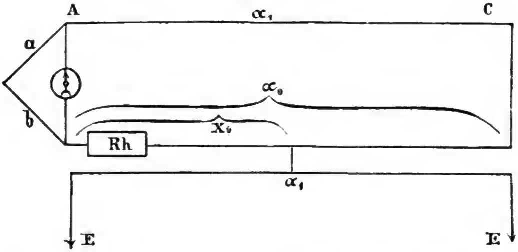
Zuerst bestimmt man den Kupferwiderstand der Adern durch Schleifenmessung (wobei natürlich Schleife α—α_2 ausgeschlossen ist), man hat dann

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= K_0 + K_1 \\ p_2 &= K_0 + K_2 \\ p_3 &= K_1 + K_2 \\ p_4 &= K_3 + K_1 \\ p_5 &= K_3 + G_2 \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \quad 13.$$

und hieraus

$$\left.\begin{aligned} K_1 &= \frac{p_1 + p_3 - p_2}{2} \\ K_2 &= \frac{p_2 + p_3 - p_1}{2} \\ K_0 &= \frac{p_1 + p_2 - p_3}{2} \\ K_3 &= \frac{p_4 + p_5 - p_3}{2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad 14.$$

Fig. 52.



Den Widerstand bis zur Fehlerstelle von $x_0 - x_3$ kann man ermitteln:

a) Erstes Verfahren: man legt α_3 in A oder C an Erde (s. Fig. 54), wodurch die Zwischenberührung zu einem Bodenschluss wird, dessen Ort man nach voraufgehender Methode bestimmt.

In C (Fig. 52) verbindet man also α_0 mit α_1 und misst von A diese Adern in der Erdfehlerschleife. Ist der zu x_0 eingeschaltete Widerstand $= r_1$, so hat man wie früher

$$a : b = p_1 - x_0 : x_0 + r_1$$

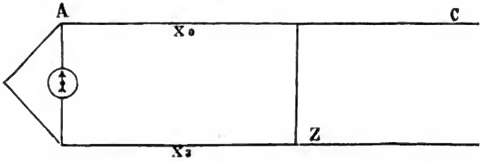
$$x_0 = \frac{bp_1 - ar_1}{a + b}$$

Wiederholt man die Messung mit der Ader α_2 statt α_1, so erhält man für x_0 einen zweiten Werth. Aus beiden Werthen ist das Mittel zu nehmen. Dasselbe, in Formel 7 eingesetzt, gibt die Entfernung des Fehlerortes in Ader α_0

$$l_0 = L \frac{x_0}{K_0}$$

Nach Verbindung der Ader α_3 mit α_1, resp. α_2 in C erhält man durch die Erdfehlerschleife auf Ader α_3

Fig. 53.



und α_1, respective α_2 zwei Werthe für x_3 bei Benutzung von α_1

$$x_3 = \frac{b p_4 - a r_3}{a + b}$$

hiervon den Mittelwerth in Formel 7 eingesetzt, gibt die Entfernung des Fehlers von A in Ader α_3:

$$l_3 = L \frac{x_3}{K_3}$$

l_0 wird meist $= b_3$ sein.

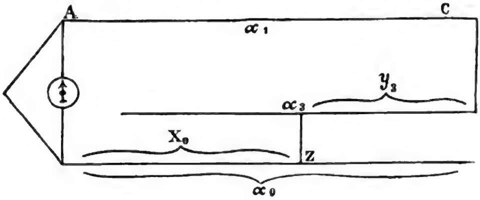
Die gleichen Messungen vom anderen Amte aus dienen zur Controle und Ermittlung genauerer Mittelwerthe.

b) Zweites Verfahren: Die beiden schadhaften Adern werden in C (Fig. 53) isolirt, in A zur

Schleife mit der Brücke verbunden, man erhält dann:

$$m_0 = x_0 + x_3 + 7 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 15.$$

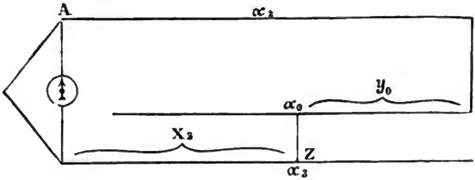
Fig. 54.



Man verbindet nun in C (Fig. 54) Ader α_3 mit α_1 und isolirt α_0, in A werden α_0 und α_1 an die Brücke gelegt und isolirt, dann ist

$$m_1 = x_0 + z + y_3 + K_1 \quad . \quad . \quad . \quad 16.$$

Fig. 55.



Endlich führt man die entsprechende Messung aus nach Fig. 55. In C wird α_2 mit α_0 verbunden, α_3 isolirt und in A α_0 isolirt, so ist:

$$m_3 = x_3 + z + y_0 + K_2 \quad . \quad . \quad . \quad 17.$$

Aus diesen drei Messungen ergibt sich, da

$$K_1 + K_3 = p_4 \text{ und}$$
$$K_2 + K_0 = p_2$$

aus directen Messungen bekannt sind,

$$\left.\begin{aligned} x_0 &= \frac{p_2 + m_0 - m_3}{2} \\ x_3 &= \frac{p_4 + m_0 - m_1}{2} \end{aligned}\right| \quad \ldots \quad 18.$$

II. Neben der fehlerhaften Ader ist nur eine fehlerfreie Ader a_1 verfügbar. Man entnimmt aus den periodisch regelmässigen Messungen

$$\frac{K_1}{K_0} = \gamma_0 \text{ und } \frac{K_1}{K_3} = \gamma_3$$

dann ergeben die möglichen Messungen

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= K_0 + K_1 = K_0\ (1 + \gamma_0) \\ p_4 &= K_3 + K_1 = K_3\ (1 + \gamma_3) \\ K_0 &= \frac{p_1}{1 + \gamma_0} \text{ und } K_3 = \frac{p_4}{1 + \gamma_3} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad 19.$$

Die Messungen in der Erdfehlerschleife ergeben

$$x_0 = \frac{bp_1 - ar_1}{a + b}$$
$$x_3 = \frac{bp_4 - ar_3}{a + b}$$

Bei Berechnung der Entfernung l sind für K_0 und K_3 die Werthe aus 19 einzusetzen.

Es ist dann:

$$l_0 = \frac{Lx_0}{p_1}\ (1 + \gamma_0)$$
$$l_3 = \frac{Lx_3}{p_4}\ (1 + \gamma_3).$$

III. Neben den fehlerhaften Adern α_0 und α_3 ist keine fehlerfreie Ader verfügbar.

Man isolirt die schadhaften Adern jenseits des Fehlerortes, legt in A die Adern an die Brücke und misst den Kupferwiderstand ohne Benutzung der Erde. So ist

$$m_0 = x_0 + x_3 + z,$$

wobei x_0 und x_3 die Widerstände der beiden Adern bis zur Berührungsstelle und z den Widerstand der Zwischenberührung bezeichnet. Ist z sehr klein und haben die Adern fast gleiche Widerstände, dann ist der Mittelwerth x des Widerstandes bis zur Fehlerstelle zwischen x_0 und x_3 nahezu $= \frac{m_0}{2}$, und da aus den regelmässigen Messungen K_0 und K_3 bekannt sind, so kann man annähernd den Fehlerort berechnen.

In Wirklichkeit ist

$$\frac{1}{2} m_0 = x + \tfrac{1}{2} z.$$

Die Sicherheit der Rechnung wird noch erhöht, wenn man von dem anderen Amte aus auch misst und aus beiden Messungen das Mittel nimmt.

IV. Zwei Adern sind miteinander in Berührung unter gleichzeitiger Erdableitung.

Auch hier kann man die unter 3 angegebene Methode verfolgen. Die Messung in der Erdfehlerschleife lässt sich für diesen Fall in der Weise zur Prüfung abändern, indem man die schadhaften Adern an beiden Enden miteinander verbindet und als eine einzige schadhafte Leitung behandelt. Zur Ermittlung, ob die Beschädigung beider Adern α_0 und α_3 an derselben Stelle

liegt, isolirt man in B oder C und legt in A die Enden zur Messung in der Erdfehlerschleife an die Brücke, indem man den Rheostaten versuchsweise erst in α_3 und dann in α_0 einschaltet. Ist $r = 0$, so liegen beide Fehler an derselben Stelle des Kabels. Ist jedoch bei α_0 ein merklicher Widerstand r einzuschalten, so liegt der Fehler von α_3 entfernter von A und der Maximal-Abstand beider Fehler von einander ist eine Länge des Kabels vom Widerstand r.

Ist nun Ader α_0 zur Erde abgeleitet, Ader α_3 aber nur durch feuchten Hanf in Verbindung mit α_0 und ist nur ein Bodenschluss bei α_0, so verbindet man obige Messung mit der von Nr. 15 zur Ermittelung von α_0. Sind die Brückenarme ab gleich gewählt, so ist:

$$\left.\begin{aligned} m_0 &= x_0 + z + z \\ x_0 + r &= x_3 + z \\ x &= \frac{m_0 - r}{2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad 20.$$

V. Eine Ader ist vollständig unterbrochen und das Ende in der Bruchstelle vollkommen isolirt.

In diesem Falle kann der Fehlerort nur annähernd aus der Ladung bestimmt werden. Da die Ladungscapacität aus den periodischen Messungen per Kilometer bekannt ist, so kann man aus der Capacität des Kabels bis zur Fehlerstelle den Ort annähernd berechnen.

So ungenau diese Methode auch ist, wurde doch in einem Falle auf 2 km langem Kabel der Fehlerort bis auf 5 m Genauigkeit ermittelt.

VI. Das Kabel ist ganz durchhauen, alle Adern sind durchschnitten.

Die Erdboden-Temperatur kann in diesem Falle nicht berücksichtigt werden, folglich ist eine genaue Ermittlung des Ortes nicht möglich.

a) Erstes Verfahren: Nimmt man den Widerstand aller Adern bis zur Fehlerstelle $= x$ an, so erhält man bei Messung von Ader a_0 und a_1 (nach dem Schema

Fig. 56.

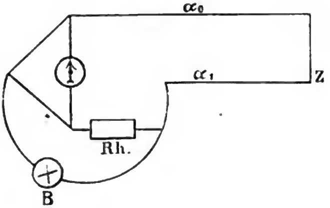


Fig. 56) den Kupferwiderstand der Schleife bis zur Bruchstelle

$$n = 2x + z;$$

ist z sehr klein, so ist

$$x = \frac{1}{2} n.$$

Jedenfalls ist $\frac{1}{2} n$ der Maximalwerth von x. Man wiederholt die Messung öfter mit den anderen Adern und nimmt den kleinsten Werth als richtig an. Zur Controle kann man die gleichen Messungen am anderen Amte wiederholen.

b) Zweites Verfahren: Nach einer anderen Methode führt man die Erdfehlerschleife derart aus, dass man als einen Zweig der Schleife eine Ader benutzt, als anderen aber, in welchen man auch den Rheostaten schaltet, die

Adern der Reihe nach zu 2, 3, 4, 5 oder b in A verbunden verwendet. Gleiche Brückenarme a und b vorausgesetzt, hat man die Rheostaten-Widerstände r_1 r_2 ..... bis r_6 einzuschalten. r_1 wird sehr klein, respective negativ ausfallen, die anderen Messungen ergeben:

$$x = \frac{x}{2} + r_2 \qquad x = 2\, r_2$$

$$x = \frac{x}{3} + r_3 \qquad x = \frac{3}{2}\, r_3$$

$$x = \frac{x}{4} + r_4 \qquad x = \frac{4}{3}\, r_4$$

$$x = \frac{x}{6} + r_6 \qquad x = \frac{6}{5}\, r_6$$

Diese Messungen werden von der Station B aus wiederholt. Ist zufällig eine Ader isolirt, so kann man nach Nr. 5 den Fehlerort bestimmen. Ebenso verfährt man, wenn alle Adern an gleicher Stelle verletzt, jedoch nicht gebrochen sind. Hinter dem Fehlerorte sind alle Adern auf der nächsten Station zu isoliren.

Die Ermittelung von Fehlerorten auf Kabeln, welche in grossen Gewässern versenkt sind, werden im Princip analog wie oben ausgeführt; doch liegt es in der Natur der Sache, dass sie ungleich schwieriger durchzuführen sind, als bei Landkabeln. Wind, Wetter und Wellenbewegung, sowie lange Strecken erschweren die Arbeiten ungemein. Doch auch für diese Zwecke hat man Methoden und Apparate ersonnen, welche es ermöglichen, mitten im Meere Fehlerorte zu ermitteln, die Kabel zu heben, zu repariren und wieder zu versenken. Eine eingehende Beschreibung dieses Gegenstandes würde jedoch den Rahmen dieses Bandes beiweitem überschreiten.

II. Störungen auf Leitungen für starke Ströme.

1. Bogenlichtleitungen.

Wie schon weiter oben erwähnt, machen sich Störungen auf dieser Art von Leitungen sehr bald durch Unregelmässigkeiten in der Beleuchtung bemerkbar; die Untersuchung und Beseitigung der dieselben hervorrufenden Fehler weicht in nichts von denjenigen der Telegraphenleitungen ab; Einiges hierüber findet sich auch im Anhang, wenden wir uns daher zu den

2. Glühlichtleitungen.

Aehnlich wie in der Telegraphentechnik, hat man auch hier bei Betriebsstörungen ganz systematisch zu verfahren.

Zunächst ist zu untersuchen, ob die Stromquelle (Lichtmaschine, Accumulatoren) in Ordnung ist, dann sieht man die Bleieinschaltungen, Umschalter, Hähne, Lampen und Lampenfassungen nach. Sind diese Theile durchweg in Ordnung, so kann man sicher auf einen Fehler in den Leitungen schliessen.

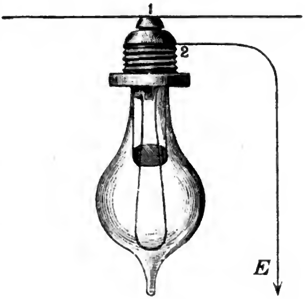
Unterbrechungen kennzeichnen sich sofort durch Ausgehen der hinter dem Bruche befindlichen Lampen, Ableitungen und Nebenschlüsse dagegen sind schwieriger zu finden.

Das einfachste Instrument zur Aufsuchung solcher Fehler ist eine Glühlichtlampe, an deren einem Contacte 2, Fig. 57, man ein Stück Draht befestigt, das man zur Erde ableitet, während man den Contact 1 an die vom Strome durchflossene Leitung, an eine blanke Verbindungs-

klemme etc. hält. Die Helligkeit des glühenden Kohlenfadens bildet ein Maass für die Stärke der Stromableitung.

Will man nicht zu der sehr umständlichen Untersuchung mit Galvanometer und Batterie schreiten, welche unter Umständen zur Entfernung zahlreicher Lampen zwingt, so sucht man während des Betriebes die Spannung und Stromstärke an den fehlerhaften Stellen zu bestimmen.

Fig. 57.



Für diese Messungen eignet sich vorzüglich das in Fig. 58 abgebildete Siemens'sche Torsions-Galvanometer nebst Widerstand, Fig. 59. *) Das Instrument ist ein einfaches Galvanometer, dessen glockenförmiger Magnet sich auf einer Schneidenaxe bewegt und an einer spiraligen Torsionsfeder befestigt ist.

Die Drahtwindungen haben 100 Ohm Widerstand. Ein Zeiger ergibt auf einer Gradtheilung den Torsionswinkel der Spiralfeder, welcher proportional der Stromstärke ist; da der Widerstand der Windungen des Galvanometers constant bleibt, so ist der abgelesene Winkel auch proportional der Spannung an den Enden des zum Instrumente führenden Drahtes. Für die Justirung ist zu Grunde gelegt, dass 1 Ampère in einer Zelle per Stunde 3·96 gr Silber niederschlägt, und

*) Siehe Elektrotechnische Zeitschrift 1883, S. 195.

Fig. 58.

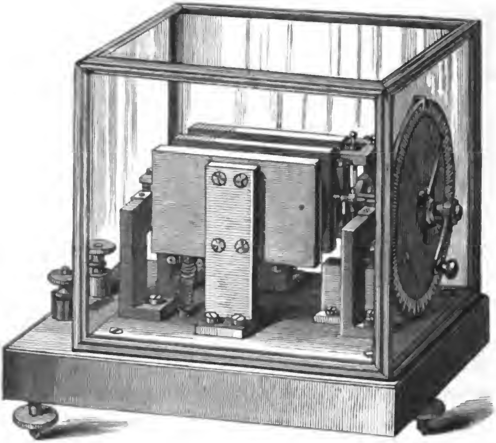
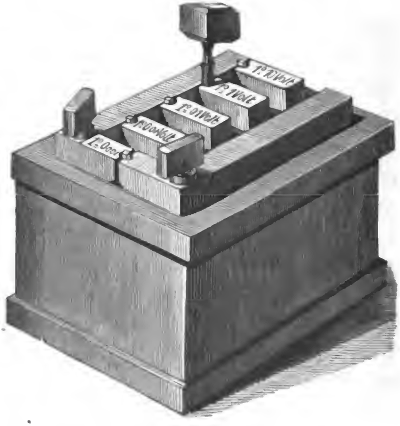


Fig. 59.



1 Volt = 1 Ampère × 1 Ohm ist. 1 Ohm = 1·0615 S.-E. gerechnet.

Die Aufstellung des Apparates erfolgt im magnetischen Meridian, so dass ohne Torsion der Zeiger auf 0 weist. Der Strom ist so hindurchzuführen, dass er den Magneten in entgegengesetzter Richtung dreht, als die Torsionskraft wirkt.

Mit diesen beiden sehr compendiösen und empfindlichen Apparaten kann man schnell und sicher Spannungen von 0·001 bis 1700 Volt messen. Für sehr genaue Resultate ist jedem Instrumente eine Correctionstabelle beigegeben, deren Angaben zur Ablesung zu addiren sind. Die den verschiedenen Widerständen entsprechenden Empfindlichkeiten sind:

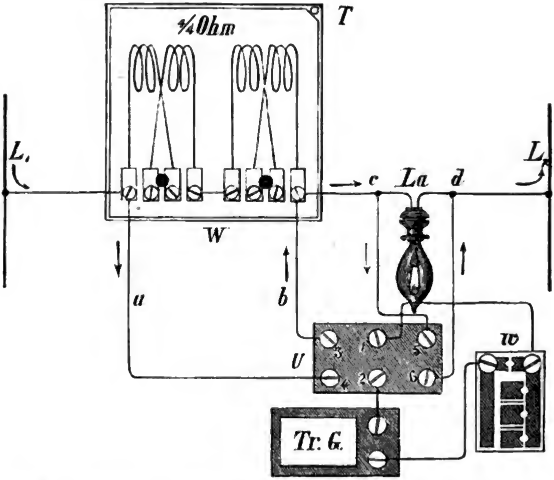
Gestöpselter Widerstand	Empfindlichkeit	Bereich der Messung bis
0 Ohm	1^0 = 0·001 Volt	0·17 Volt
9 »	» = 0·01 »	1·7 »
99 »	» = 0·1 »	17 »
999 »	» = 1·0 »	170 »
9999 »	» = 10·0 »	1700 »

Die Correction beträgt für 25^0—175^0 etwa — 0·2 bis — $2·0^0$.

Um auch die Stromstärke einer Glühlampe zu bestimmen, wendet man die Schaltung Fig. 60 an. L_1 und L_2 seien die Hauptleitungen, zwischen denen die Glühlampe *La* eingeschaltet ist. *Tr. G.* sei das Torsions-Galvanometer, *w* der dazu gehörige Widerstandskasten und *W* ein Neusilberwiderstand von $^1/_4$ Ohm, dessen Drähte

in säurefreiem Oel sich befinden, deren Temperatur am Thermometer T abgelesen werden kann. U ist ein Umschalter, der eine solche Einrichtung hat, dass man die Klemmen 1 und 2 schnell mit 3 und 4 oder 5 und 6 verbinden kann.

Fig. 60.



Man misst zunächst die Spannung S zwischen den Contacten c und d der Lampe, alsdann die Spannung δ an den Klemmen a und b des Widerstandes von $^1/_4$ Ohm, so erhält man die Stromstärke in Ampère:*)

$$J = \frac{\delta}{W}$$

*) Siehe auch Internationale Zeitschrift für die elektrische Ausstellung in Wien 1883. Mittheilungen von F. Uppenborn. S. 23.

Aus beiden Messungen ergibt sich die von der Lampe beanspruchte Arbeitskraft

$$A = J S c$$

wo c einen constanten Factor bedeutet, welcher beträgt für die Berechnung in

Kilogramm-Metersecunden = 0·102
Pferdestärken . . . . = 0·00136.

Die Lampenspannung S ist für die meisten Lampen 98—100 Volt, bei 16 Normalkerzen Leuchtkraft.

Eine 16kerzige Lampe braucht gewöhnlich 0.73 bis 1·0 Ampère Stromstärke. Ausserordentliche Abweichungen von diesen Normen lassen auf eine bedeutende Verminderung der Leitungsfähigkeit der Drähte schliessen. Etwaige Fehler einer Lampe kann man sehr leicht dadurch eliminiren, dass man verschiedene neue Lampen während der Untersuchung benützt. Es empfiehlt sich auch die Klemmenspannung der Maschine bei normaler Geschwindigkeit festzustellen, dieselbe soll für obige Lampen etwa 110 Volts betragen. Zu Widerstandsmessungen an Glühlichtleitungen und Glühlampen, wenn sie vom Strome durchflossen sind, sowie zur Bestimmung des scheinbaren Widerstandes von Zersetzungszellen und Bogenlichtern, ist das Torsions-Galvanometer gleichfalls geeignet.

Aus den obigen Messungen ergeben sich solche Widerstände nach der Formel

$$w = \frac{S}{J}.$$

Hat man die Stromstärke nicht durch ein Elektro-Dynamometer bestimmt, sondern nach dem in Fig. 60

gegebenen Schema, bei dem die Spannung am Widerstande von 1 Ohm gemessen wird, so hat man

$$w = \frac{S}{\delta}$$

zu setzen.

Für die elektrische Canalisation einer Stadt verlegt man mit der unterirdischen Leitung Drähte für Controlmessungen, so dass die Spannung selbst an den entferntesten Punkten täglich von der Central-Anstalt leicht ermittelt werden kann. Abnorme Spannungsverluste lassen auf die Störung des metallischen Contactes in den Kupferleitern, respective auf Leitungsbrüche oder defecte Verbindungen schliessen.

Man kann also Stromverlusten und Störungen rechtzeitig vorbeugen. Diese Möglichkeit bietet gegen die Gasbeleuchtung, welche derartige Aufsicht nicht gestattet, einen sehr grossen Vortheil.*)

Die Ermittelung von Fehlern in versenkten Lichtleitungen wird im Uebrigen in analoger Weise durchgeführt, wie bei den Telegraphenkabeln. Dieselbe ist insofern weit leichter zu bewirken, als man leicht an zahlreichen Stellen Untersuchungsstellen haben kann, die bei den Edison-Leitungen z. B. an jedem Verbindungskasten hergestellt werden können.

Es bleibt uns nur noch die Betrachtung der für die verschiedensten Zwecke verwendeten Erdleitungen übrig.

---

*) Siehe auch Bd. XVI d. Bibl., S. 36.

V.

Die Untersuchung der Erdleitungen.

Für starke Ströme ist die Benützung von Erdleitungen principiell ausgeschlossen; es handelt sich demnach hauptsächlich um die für telegraphische Zwecke benützten Leitungen, welche den Strom in die Erde führen. Einige Abweichungen für Untersuchung von Blitzableitungen sollen dieses Capitel beschliessen.

Die Erdleitungen werden bekanntlich aus Metalltheilen gebildet, welche man möglichst tief unter den gewachsenen Boden versenkt,*) in Folge dessen kann man sich über ihre Beschaffenheit nicht ohne weiters mit dem Auge Gewissheit verschaffen. Dies wäre nur durch Aufgraben des Erdreiches zu erreichen, eine Untersuchungsmethode jedoch, die viel Zeit und Kosten verursacht. Bei Erdplatten, die in stehenden oder fliessenden Gewässern versenkt sind, wäre das Heben mitunter nicht ohne Schwierigkeiten.

Zufolge dieser Umstände hat man Methoden ersonnen, welche es ermöglichen, aus elektrischen Messungen

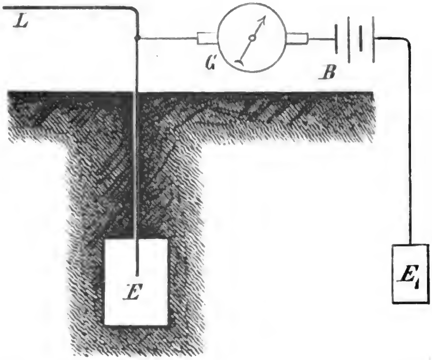
*) Siehe die Anlage derselben, Bd. XVI dieser Bibl. S. 158—174.

auf die Beschaffenheit, respective das Functioniren der Erdleitungen zu schliessen.

Die gewöhnlichen, zur Bestimmung von Leitungswiderständen angewendeten Methoden sind hier nicht zulässig, weil die Polarisation der Platten und auch Erdströme das Resultat beeinflussen können.

Für viele Zwecke genügt es, mit einem gewöhnlichen

Fig. 61.



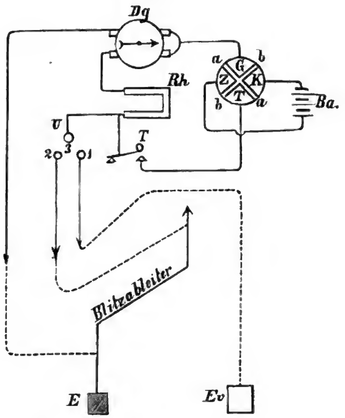
Galvanometer die Leitungsfähigkeit zu untersuchen, etwa nach dem in Fig. 61 gegebenen Schema.

An die Erdleitung *L* befestigt man möglichst dicht über dem Boden einen Draht und bildet z. B. durch eine in einen Brunnen gesenkte kleine Kupferplatte mit langem Draht eine Hilfserde E_1. Man schaltet nun zwischen die beiden Platten *E* und E_1 ein Galvanoskop und ein bis zwei Elemente ein. Der Ausschlag der Magnetnadel gibt dann ein ungefähres Mass für die Güte der

Leitung. Schaltet man das Galvanoskop allein ohne Batterie ein, so kann man etwaige starke Erdströme daran beobachten und deren Wirkung in Rechnung ziehen.

Genauere Resultate geben Widerstandsmessungen mit einem Differential-Galvanometer. Verfasser benützt für solche Zwecke die in Fig. 62 skizzirte Schaltung,

Fig. 62.



welche sich auch zu Blitzableiter-Untersuchungen eignet. Differential-Galvanometer *Dg* und Rheostat *Rh* sind in der üblichen Weise verbunden. Der Stromwender *S* dient zum Polwechsel bei der Batterie *B*, die Taste *T* schliesst den Stromkreis. Der dreitheilige Umschalter *U* ermöglicht ein schnelleres Uebergehen von einer Messung zur andern, wenn man drei Erdplatten misst oder die Leitung und eine Erdplatte untersuchen will. In der Figur ist

die Verbindung der Apparate dargestellt für die Untersuchung einer Blitzableiter-Anlage, sie dürfte ohne weitere Erklärung vollkommen verständlich sein.

Der Widerstand einer Erdleitung

wäre gleich Null, wenn man sehr grosse Platten anwenden könnte, so dass das Wasser in der Erde, welches sehr viel schlechter als Kupfer leitet, eine zum Verhältniss des Drahtquerschnittes sehr grosse Berührungsfläche mit der Erdplatte hätte. Ist

l die Länge eines Leiters,
q der Querschnitt in Quadratmillimeter,
r der specifische Widerstand,
l_1 die reducirte Länge (1 m Quecksilber von 1 qmm Querschnitt),
r_1 der specifische Widerstand des Quecksilbers,

so ist $l_1 = \frac{r\,l}{r_1\,p}$, so berechnet sich der Uebergangswiderstand einer im Wasser befindlichen Erdplatte von 1 qm Grösse

$$l_1 = \frac{7.400,000.000 \cdot {}^1/_1}{62{\cdot}5\,\frac{1000^2\,\pi}{4}} = 37 \text{ S.-E.}$$

wenn 7.400,000.000 der specifische Leitungswiderstand des Wassers ist.*)

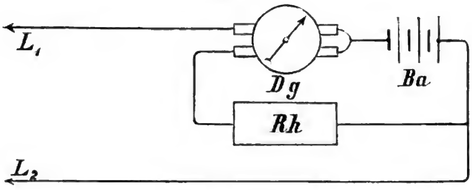
Dr. R. Ulbricht berechnet denselben nach der elektrischen Zeitschrift 1883, S. 25, auf 35·5, ein Resultat, das durch praktische Versuche auch bestätigt wurde. Der Widerstand der Erdleitung ist also im Verhältniss zu

*) Nach L. Weidenbach's Compendium. 1881. S. 46.

langen Drahtleitungen sehr klein, man kann daher mit viel schwächeren Batterien arbeiten, als wenn man zwei Drahtleitungen verwenden müsste, die weit mehr Spannung des Stromes erfordern würden.

Die praktische Messung des Erdleitungswiderstandes führt man am sichersten nach der von Herrn O. Canter (in der elektrotechnischen Zeitschrift 1880, S. 308) angegebenen Methode aus. Entweder bestimmt man, da wo zwei Leitungen zur Verfügung stehen, von der nächsten Station aus den Widerstand; oder man

Fig. 63.



stellt eine besondere »Erde« provisorisch her, vor die man noch nöthigen Falles einen Widerstand schaltet, wenn man auf derselben Station die Messung ausführen will.

Die erstere Messung wird nach dem in Fig. 63 skizzirten Schema ausgeführt, welches im Princip dasselbe wie in Fig. 62 ist. Jede Messung wird zwei Mal mit gewechselten Polen bewirkt. Zunächst bestimmt man den Widerstand beider Leitungen $L_1 + L_2 = \varrho$, dann den von L_1 + Erde $x = \varrho_1$ und L_2 + Erde $x = \varrho_2$, so ist

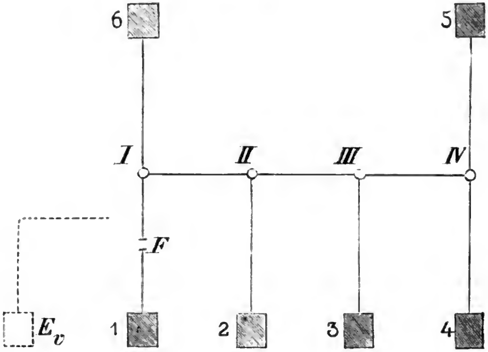
$$x = \frac{\varrho^1 + \varrho^2 - \varrho}{2}.$$

Für die Praxis begnügt man sich mit dem angenäherten Werthe von

$$\varrho = \frac{2\, r\, r^1}{r + r^1}$$

wo r und r^1 die beiden am Rheostaten abgelesenen Widerstände sind, welche bei Zink, respective Kupfer an Erde abgelesen wurden.

Fig. 64.



Diese Methode lässt sich für Untersuchung von Blitzableitungen gleichfalls anwenden, jedoch nur dann, wenn man die Erdleitungen dicht über der Erde trennen kann.

Die Nothwendigkeit dieser Trennung geht aus Fig. 64 ohne weiteres hervor. *I*—*IV* seien die Auffangstangen auf einem Gebäude, 1—6 die zugehörigen Erdplatten und E_v die provisorisch hergestellte Versuchserde. Es sei zu untersuchen die Verbindung zwischen Spitze *I*

und der Erdplatte 1; ferner der Erdwiderstand der Platte 1. Angenommen, alle Erdplatten wären gut und jede hätte 30 Ohm Widerstand, in F sei jedoch die Leitung unterbrochen, so bekäme man mit einem gewöhnlichen Galvanometer doch noch einen ganz bedeutenden Ausschlag, weil der Strom zwischen der Platte 1 und allen übrigen Platten einen Weg fände, der etwa nur 6 Ohm Widerstand hätte. Der Fehler würde also kaum angezeigt werden, nur durch genaue Widerstandsmessungen liesse er sich ermitteln.

Will man nun den Widerstand zwischen Platte E_v und 1 bestimmen, und könnte man bei F die Leitung nicht öffnen, die Platte 1 wäre jedoch schlecht, alle anderen aber gut, so würde man den Widerstand aller anderen also etwa = 6 Ohm messen und nicht den gewünschten Widerstand ermitteln. Man muss also bei allen Untersuchungen vorsichtig und mit Besonnenheit zu Werke gehen, wenn man richtige Resultate erhalten soll.

VI.

Anhang und Tabellen.

Der Gebrauch des Universal-Galvanometers nach Dr. Siemens.

A. Zur Bestimmung von Drahtwiderständen.

Fig. 65 *a* und *b* gibt die obere Ansicht des Instrumentes mit den inneren Drahtverbindungen und Klemmen, während in Fig. 66 die Schaltung zur Messung schematisch dargestellt ist. (Eine sehr praktische Anwendung dieses Instrumentes bei Feuerwehrleitungen findet man im Bande XIII d. Bibl. S. 139.)

a) Der zu messende Widerstand wird an die Klemmen *II* und *III*,

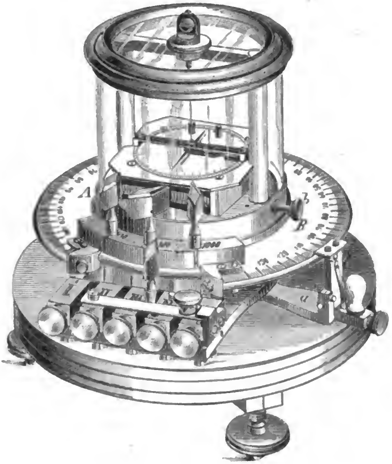
b) die Pole der Messbatterie eventuell unter Benützung eines Batteriewählers an die Klemmen *I* und *V* gelegt, während

c) die Klemmen *III* und *IV* mit einem gewöhnlichen Metallstöpsel verbunden sind;

d) von den Widerständen 10, 100 oder 1000 wird je nach Bedarf einer geöffnet, respective der Nebenschluss von 1·0 Einheit für 10 eingesetzt, die übrigen Widerstände sind durch gewöhnliche Stöpsel auszuschalten; derjenige Vergleichswiderstand ist einzuschalten, welcher

muthmasslich dem zu messenden Widerstande am nächsten liegt. Durch Drehung des Galvanometers bringt man die Nadel des Instrumentes eventuell mit Hilfe eines kleinen Richtmagneten (Magnetische Nadel) auf den Nullpunkt der Scala und den Index Z auf den Nullpunkt des

Fig. 65 *a*.



Limbus auf der Schieferplatte. Der Zeiger Z wird nun so lange verschoben, bis man beim Druck der Taste T keinen Ausschlag mehr erhält; aus dem abgelesenen Winkel α berechnet man den Widerstand

$$x = \frac{150 + \alpha}{150 - \alpha} \cdot m,$$ wenn α auf der A-Seite und

$$x = \frac{150 - \alpha}{150 + \alpha} \cdot m,$$ wenn α auf der B-Seite

Fig. 65 *b*.

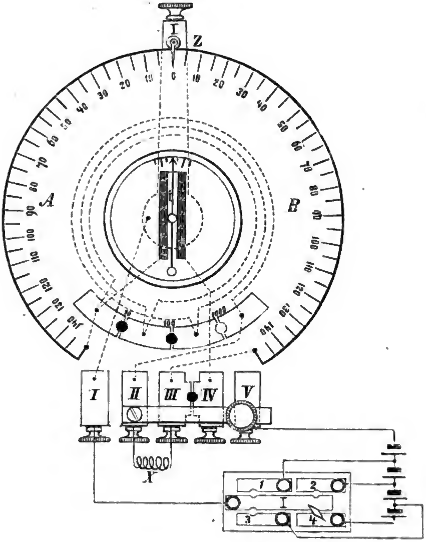
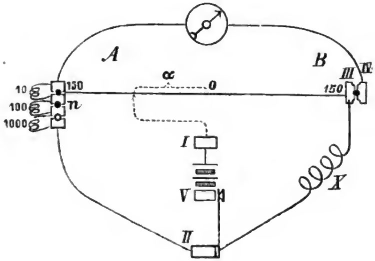


Fig. 66.



liegt, wobei *m* den Nebenschlusswiderstand 10, 100, 1000, respective 1·0 bedeutet.

Im Anhange, findet man Tabellen, welche diese Rechnung erleichtern, respective ein directes Ablesen des gesuchten Widerstandes gestatten. Es sind zwei Tabellen gegeben, je nachdem man ein Instrument für Messungen nach Ohm oder S.-E. hat.

Bei Anwendung einer starken Messbatterie muss man die Wirkung des Stromes der Batteriedrähte durch Verschieben derselben eliminiren.

Hat man die richtige Stellung des Zeigers *Z* ermittelt, so darf die Magnetnadel beim Tastendruck keine Bewegung machen.

Bei fehlerhaften Leitungen erhält man wohl auch schon ohne Tastendruck einen Nadelausschlag; in diesem Falle sucht man die Stellung des Zeigers *Z*, bei welcher mit und ohne Tastendruck der Ausschlag derselbe bleibt, auch misst man mit gewechselten Batteriepolen.

B. Zur Fehlerbestimmung an Leitungen.

Den Stromlauf für die Schaltung bietet Fig. 67.

a) Die fehlerhafte Leitung legt man mit ihren Enden an Klemme *II* und *III*;

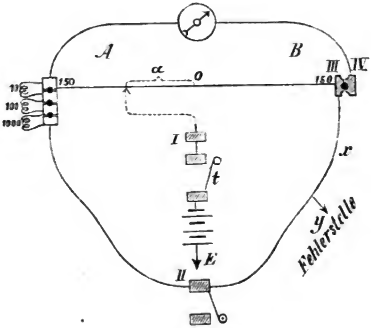
b) Klemme *I* wird mit einem Taster verbunden und dieser an einen Pol der Batterie, der andere Pol an Erde gelegt. Klemme *V* wird nicht benützt; man misst mit Polwechsel;

c) die Klemme *III* und *IV*, sowie die Vergleichswiderstände sind durch Stöpsel zu verbinden.

Der Zeiger *Z* wird auf dem Brückendraht so lange verschoben, bis die Nadel auf Null zeigt, respective bis

gleiche Ausschläge wie oben erzielt werden. Der Tastendruck darf nicht zu kurz sein.

Fig. 67.



Ist dann y die Entfernung der Fehlerstelle von der Klemme *II* und x diejenige von *III*, so ist:

$$\frac{x}{y} = \frac{150 + \alpha}{150 - \alpha} \text{ für die } A\text{-Seite,}$$

$$\frac{x}{y} = \frac{150 - \alpha}{150 + \alpha} \text{ für die } B\text{-Seite.}$$

Hat die Leitung die Länge l und setzt man

$$z = \frac{x}{y}$$

so ist

$$x = l\,\frac{z}{1 + z}$$

$$y = l\,\frac{1}{1 + z}.$$

Obige Messungen lassen sich auch sehr genau mit der in Bd. XVI d. Bibl., S. 204, abgebildeten Wheatstone'schen Brücke ausführen; jedoch ist für viele Zwecke das Universal-Galvanometer äusserst bequem und hinreichend genau, es wird heutzutage von Elektrotechnikern vielfach bei Messung von Lichtleitungen gebraucht, auch hat es Verfasser bei Untersuchungen einer elektrischen Bahn vorzügliche Dienste geleistet, nicht allein zur Bestimmung des Widerstandes der Leitungen, sondern auch zur Untersuchung der Maschinen und Contacte.

C. Zur Prüfung der Isolation.

Als Messbatterie nimmt man einige beliebige Elemente und führt die Schaltung eventuell mit Batteriewähler nach dem Schema Fig. 68 aus. Erhält man keinen oder sehr geringen Ausschlag, so ist die Isolation genügend. Erhält man zu grossen Ausschlag, so verringert man die Anzahl der Elemente so lange, bis ein messbarer Ausschlag eintritt. Erfolgt kein Ausschlag, so muss man sich überzeugen, ob Alles in Ordnung ist. Zu dem Zwecke schaltet man an den Stellen x und y mit feuchten Fingern den Körper als grossen Widerstand ein, wobei die Nadel schwach ausschlagen muss.

Zu einer transportablen Batterie eignet sich für diese Zwecke ganz vorzüglich das Siemens'sche Pappelement, welches in Fig. 69 im Durchschnitt abgebildet ist. In einem Glase (oder in einer Hartgummizelle) steht auf dem Boden ein Thoncylinder T mit oben eingekitteter Glasröhre R, welche aussen mit Chatterton's Compound Ch und innen mit Pech p eingedichtet ist. Im Thoncylinder T steht unten ein 3 cm hohes und 20 cm

Fig. 68.

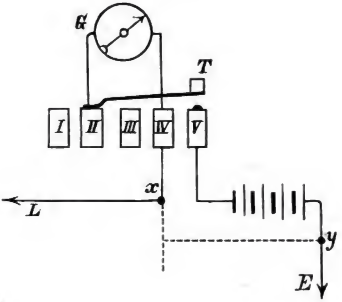
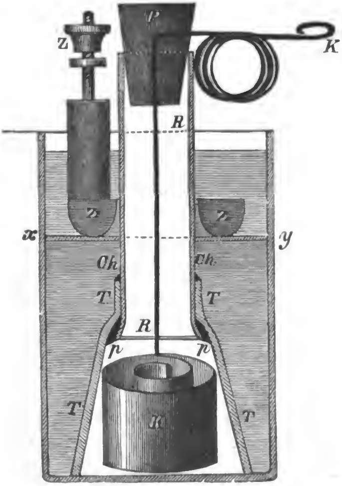


Fig. 69.



langes dünnes Kupferblech *K* mit angelöthetem Kupferdraht *k*. Das Glasgefäss ist im Uebrigen mit Pappebrei fest ausgestampft bis zur Linie *x y* und mit Baumwollstoff oben abgedeckt (wegen des Zinkschlammes). Der Zinkring *Z* steht oben auf und ist beinahe bis zum Rande des Glases mit Sägespänen bedeckt, welche das Wasser vor Vergiessen, respective Ueberlaufen bewahren. Der Gummipfropf *P* schliesst das mit Kupfervitriol und Wasser gefüllte Glasrohr ab. Verfasser benützte eine solche Batterie aus 10 Elementen circa drei Jahre lang auf zahlreichen Reisen zu Messungen, wobei nur das Wasser und Kupfervitriol zeitweise ersetzt wurde. Nach dieser Zeit war die Pappe und der Thoncylinder vielfach mit Kupfer durchsetzt, so dass die Elemente in der Stromstärke nachliessen.

Ein anderes Element, sehr handlich, zu 10 in einem Kasten (nach Leclanché), liefert die Silvertown Co. in London.

Vorsichts-Bedingungen für elektrische Beleuchtungs-Anlagen.

1. Bezüglich der elektrischen Lichtmaschine.

Die Aufstellung von Lichtmaschinen soll in der Regel in eigens zu diesem Zwecke bestimmten Localen erfolgen.

Wenn dies nicht zu ermöglichen, so darf die Aufstellung von Lichtmaschinen auch in anderen Räumen erfolgen, doch niemals in solchen, in welchen entzündliche oder explosive, gasförmige Körper vorhanden sind, respective der Luft beigemischt werden können.

In allen Fällen muss die Montirung der Lichtmaschinen auf feuersicherer Unterlage erfolgen, jedoch ist eine isolirende Holzlage zwischen dieser und der Lichtmaschine gestattet.

(Die Umgebung des Commutators soll durch Anbringung eines geeigneten Schutzes gegen Funken oder abspringende, glühende Bürsten- oder Schleifblech-Theilchen gesichert werden,) ebenso sollten die Leitungsklemmen an der Lichtmaschine, sofern sie nicht bereits an sich isolirt sind, durch besonderen Schutz vor zufälliger Berührung mit metallenen Körpern behütet werden.

2. Bezüglich der Leitung des zur Lichterzeugung dienenden elektrischen Stromes.

Die von den Lichtmaschinen abgehenden Leitungsdrähte müssen bis zu einer Höhe von 3 m über dem Fussboden mit vorzüglicher Isolation versehen sein, ebenso jeder Draht, welcher in geringerer Höhe, als 3 m vom Fussboden ab, befestigt wird.

Alle Drähte der Haupt- und Zweigleitungen innerhalb der Gebäude müssen entweder an Porzellan-Isolatoren befestigt oder sonst hinreichend isolirt sein, und in folgenden Entfernungen von einander gehalten werden:

a) Blanker, an Porzellan-Isolatoren befestigter oder sonst genügend isolirter Draht muss, wenn er einem andern parallel läuft oder ihn kreuzt, von demselben mindestens 30 cm entfernt sein.

Als genügende Isolation soll auch die Verlegung blanken Kupferdrahtes auf Holz gelten, sofern derselbe durch eine ausgekehlte Holzleiste ganz überdeckt wird.

b) Isolirter, d. h. in seiner ganzen Länge durch nicht leitende Stoffe geschützter Draht, soll von parallel laufenden Drähten für gewöhnlich 10 cm, mindestens aber 5 cm entfernt bleiben, an Kreuzungsstellen müssen die Drähte besonders gut befestigt und durch eine feste, gut isolirende Zwischenlage von Asbestpappe oder sonstigem unentzündlichen Materiale in der Ausdehnung einer Fläche von mindestens 10 qcm getrennt gehalten werden, oder es soll der eine von zwei sich kreuzenden Drähten auf die Länge von 10 cm durch eine Porzellan- oder Glasröhre isolirt werden.

c) Bei Leitungen von Glühlichtern ist in die Hauptleitung eine der Grösse der Anlage entsprechende Zahl Verbindungsstücke aus leicht schmelzbarem Metall an geeigneten Punkten einzuschalten. Die Verbindungsstücke wie sämmtliche Löthstellen der Glühlichtleitungen sind mit Asbestpapier oder einem sonstigen unentzündlichen Stoffe zu umgeben.

d) In der Leitung angebrachte Klemmverbindungen müssen sorgfältig vor Lockerung bewahrt und unter regelmässiger Controle gehalten werden.

e) Von den für die isolirten Drähte angegebenen Entfernungen wird abgesehen bei Kabeln und bei den Lampenzuleitungsdrähten, d. h. den Drähten, durch welche die Lampen mit einer Haupt- oder Zweigleitung verbunden sind; bezüglich dieser Lampenzuleitungsdrähte muss aber eine besonders gute und nicht leicht entzündliche Isolation verlangt werden.

3. Bezüglich der elektrischen Lampen.

a) Bogenlampen dürfen in Räumen, in welchen entzündliche oder explosive, gasförmige oder feste Körper vorhanden sind, respective durch den Betrieb der Luft beigemischt werden können, nicht angebracht werden.

Für alle sonstigen Räume ist die Anwendung von Bogenlichtern gestattet, doch sind dieselben in Räumen, in denen unter den Lampen leicht feuerfangende Gegenstände lagern oder verarbeitet werden, mit Glocken oder Laternen zu umgeben, die nach unten durch einen Aschenteller vollständig abgeschlossen werden.

b) Glühlichtlampen sind in allen Räumen gestattet, doch müssen sie überall da, wo entzündliche oder explosive, gasförmige oder feste Körper vorhanden sind, respective durch den Betrieb der Luft beigemischt werden können, mit besonders starker Glasglocke umgeben werden, innerhalb deren auch die Contacte zwischen Leitung und Glühlichtfuss anzubringen sind.

Dringend zu empfehlen ist, dass neben dem elektrischen Licht zunächst noch bisher bestandene Beleuchtungseinrichtungen in Reserve beibehalten und Instructionen gegeben werden, wie im Falle des Versagens der elektrischen Beleuchtung zu verfahren ist.

Voraussetzung ist, dass die Einrichtung elektrischer Beleuchtungsanlagen in sachverständiger Weise unter Leitung eines bewährten Elektrotechnikers erfolgt.*)

*) Den hier oben erwähnte Commutator-Schutz, welcher von den Feuerversicherungs-Gesellschaften verlangt wird, führt Verfasser grundsätzlich niemals aus, da die Bürsten vom Maschinenwärter bekanntlich

öfter beobachtet und eventuell ein wenig geölt werden müssen; eine Kappe von Holz oder Leder über den Maschinenklemmen genügt, um kurzen Schluss möglichst zu verhindern. In einer Zuschrift der General-direction der Magdeburger Feuerversicherungs-Gesellschaft vom 31. Juli 1883 an den Verfasser hebt dieselbe ausdrücklich hervor: »Unter Umständen würde vielleicht selbst ein sorgfältiges Bestreichen der entzündlichen Objecte in der Nähe des Commutators mit einer feuersicheren Masse genügen. Wo die Umgebung des Commutators massiv ist, bedarf es selbstverständlich keines besonderen Schutzes.« — (Die Edison-Dynamos sind zwar auf Holzschwellen montirt, die man jedoch mit einer Cementschicht oben verputzt.)

Tabelle zum Universal-Galvanometer

in Siemens-Einheiten.

Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$	Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$
145	59·00	0·017	127	12·04	0·083
144·5	53·54	0·019	126·5	11·76	0·085
144	49·00	0·020	126	11·50	0·087
143·5	45·15	0·022	125·5	11·24	0·089
143	41·86	0·024	125	11·00	0·091
142·5	39·00	0·026	124·5	10·76	0·093
142	36·50	0·028	124	10·54	0·095
141·5	34·29	0·029	123·5	10·32	0·097
141	32·33..	0·031	123	10·11	0·099
140·5	30·58	0·033	122·5	9·91	0·101
140	29·00	0·035	122	9·72	0·103
139·5	27·57	0·036	121·5	9·53	0·105
139	26·27	0·038	121	9·34	0·107
138·5	25·09	0·040	120·5	9·17	0·109
138	24·00	0·042	120	9·00	0·111
137·5	23·00	0·044	119·5	8·84	0·113
137	22·08	0·045	119	8·68	0·115
136·5	21·22..	0·047	118·5	8·52	0·117
136	20·43	0·049	118	8·37	0·119
135·5	19·69	0·051	117·5	8·23	0·121
135	19·00	0·052	117	8·09	0·123
134·5	18·35	0·054	116·5	7·96	0·126
134	17·75	0·056	116	7·82	0·128
133·5	17·18	0·058	115·5	7·69	0·130
133	16·65	0·060	115	7·57	0·132
132·5	16·14	0·062	114·5	7·45	0·134
132	15·67	0·064	114	7·33	0·136
131·5	15·22	0·066	113·5	7·22	0·139
131	14·79	0·068	113	7·11	0·141
130·5	14·38	0·070	112·5	7·00	0·143
130	14·00	0·071	112	6·89	0·145
129·5	13·63	0·073	111·5	6·79	0·147
129	13·28	0·075	111	6·69	0·150
128·5	12·95	0·077	110·5	6·59	0·152
128	12·64	0·079	110	6·50	0·154
127·5	12·33..	0·081	109·5	6·41	0·156

Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$	Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$
109	6·32	0·158	89	3·92	0·255
108·5	6·23	0·160	88·5	3·88	0·258
108	6·14	0·163	88	3·84	0·260
107·5	6·06	0·165	87·5	3·80	0 263
107	5·97	0·168	87	3·76	0·266
106·5	5·89	0·170	86·5	3·72	0·269
106	5·82	0·172	86	3·69	0·271
105 5	5·74	0·174	85·5	3·65	0·274
105	5·67	0·176	85	3·62	0·276
104·5	5·59	0·179	84·5	3·58	0·279
104	5·52	0·182	84	3·54	0·282
103·5	5·45	0·183	83·5	3·51	0·285
103	5·38	0·186	83	3·48	0·288
102·5	5·31	0·188	82·5	3·44	0·290
102	5·25	0·190	82	3·41	0·293
101·5	5·18	0·193	81·5	3·38	0·296
101	5·12	0·195	81	3·35	0·299
100·5	5·06	0·198	80·5	3·31	0·302
100	5·00	0·200	80	3·28	0 304
99·5	4·94	0·202	79·5	3·25	0·307
99	4·88	0 205	79	3·22	0·310
98·5	4·82	0·207	78.5	3·19	0·313
98	4·77	0 209	78	3·17	0 216
97·5	4·71	0·212	77·5	3·14	0·319
97	4·66	0·215	77	3·11	0·322
96·5	4·61	0·217	76·5	3·08	0·325
96	4·55	0·220	76	3·05	0·327
95·5	4·50	0·222	75·5	3·03	0·330
95	4·45	0·224	75	3·00	0·333
94·5	4·40	0·227	74·5	2·973	0·336
94	4·36	0·230	74	2·947	0·339
93·5	4·31	0·232	73·5	2·921	0·342
93	4·26	0·235	73	2·896	0·345
92·5	4·22	0·237	72·5	2·871	0·348
92	4·17	0·240	72	2·846	0·351
91·5	4·13	0·242	71·5	2·822	0·354
91	4·08	0·245	71	2·797	0·357
90·5	4·04	0·247	70·5	2·773	0·360
90	4·00	0·250	70	2·750	0·364
89·5	3·96	0 253	69·5	2·726	0·367

Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$	Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$
69	2·703	0·370	49	1·970	0·508
68·5	2·680	0·373	48·5	1·955	0·511
68	2·658	0·376	48	1·941	0·515
67·5	2·636	0·379	47·5	1·926	0·519
67	2·614	0·382	47	1·913	0·523
66·5	2·592	0·386	46·5	1·898	0·527
66	2·571	0·389	46	1·884	0·531
65·5	2·550	0·392	45·5	1·870	0·535
65	2·529	0·395	45	1·857	0·538
64·5	2·509	0·398	44·5	1·843	0·542
64	2·488	0·402	44	1·830	0·546
63·5	2·468	0·405	43·5	1·816	0·550
63	2·448	0·408	43	1·803	0·554
62·5	2·428	0·412	42·5	1·790	0·558
62	2·409	0·415	42	1·777	0·562
61·5	2·389	0·418	41·5	1·765	0·567
61	2·370	0·422	41	1·752	0·571
60·5	2·352	0·425	40·5	1·739	0·575
60	2·333	0·429	·0	1·727	0·579
59·5	2·315	0·432	39·5	1·714	0·583
59	2·296	0·435	39	1·702	0·587
58·5	2·278	0·439	38·5	1·690	0·592
58	2·261	0·442	38	1·679	0·596
57·5	2·243	0·446	37·5	1·667	0·600
57	2·226	0·449	37	1·655	0·604
56·5	2·208	0·453	36·5	1·643	0·609
56	2·191	0·456	36	1·631	0·613
55·5	2·174	0·460	35·5	1·620	0·617
65	2·158	0·463	35	1·608	0·622
54·5	2·141	0·467	34·5	1·597	0·626
54	2·125	0·471	34	1·586	0·630
53·5	2·109	0·474	33·5	1·575	0·635
53	2·093	0·478	33	1·564	0·639
52·5	2·077	0·481	32·5	1·553	0·644
52	2·061	0·485	32	1·542	0·648
51·5	2·045	0·489	31·5	1·531	0·653
51	2·030	0·492	31	1·521	0·657
50·5	2·015	0·496	30·5	1·510	0·662
50	2·000	0·500	30	1·500	0·667
49·5	1·985	0·504	29·5	1·489	0·671

Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$	Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$
29	1·479	0·676	14·5	1·214	0·823
28·5	1·469	0·681	14	1·206	0·829
28	1·459	0·685	13·5	1·198	0·835
27·5	1·449	0·690	13	1·189	0·841
27	1·439	0·695	12·5	1·181	0·847
26·5	1·429	0·700	12	1·173	0·852
26	1·419	0·705	11·5	1·166	0·858
25·5	1·409	0·709	11	1·158	0·863
25	1·400	0·714	10·5	1·150	0·869
24·5	1·390	0·719	10	1·143	0·875
24	1·380	0·724	9·5	1·135	0·881
23·5	1·371	0·729	9	1·127	0·887
23	1·362	0·734	8·5	1·120	0·893
22·5	1·352	0·739	8	1·112	0·899
22	1·343	0·744	7·5	1·105	0·905
21·5	1·334	0·749	7	1·197	0·911
21	1·325	0·754	6·5	1·090	0·917
20·5	1·316	0·760	6	1·083	0·923
20	1·307	0·765	5·5	1·076	0·929
19·5	1·298	0·770	5	1·068	0·935
19	1·290	0·775	4·5	1·061	0·942
18·5	1·281	0·780	4	1·054	0·948
18	1·272	0·786	3·5	1·047	0·954
17·5	1·264	0·791	3	1·040	0·960
17	1·255	0·796	2·5	1·033	0·967
16·5	1·247	0·802	2	1·027	0·974
16	1·238	0·807	1·5	1·020	0·980
15·5	1·230	0·813	1	1·013	0·987
15	1·222	0·818	0·5	1·006	0·993

Tabelle zur Reduction der Angaben des Siemens'-schen Universal-Galvanometer

in Ohm.

Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$	Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$
145	55·570	0·016	128	11·909	0·0747
144·5	50·435	0·018	127·5	11·615	0·0763
144	46·158	0·019	127	11·341	0·0782
143·5	42·531	0·021	126·5	11·078	0·0801
143	39·332	0·023	126	10·833	0·0819
142·5	36·738	0·024	125·5	10·588	0·0828
142	34·383	0·026	125	10·362.	0·0857
141·5	32·381	0·027.	124·5	10.136	0 0876
141	30·455	0·029	124	9·929	0·0899
140·5	28·806	0·031	123·5	9·721	0·0914
140	27·318	0·033	123	9·524	0·0932
139·5	25·971	0·034	122·5	9·335	0·0951
139	24·746	0·036	122	9·156	0·0970
138·5	23·635	0·038	121·5	8 977	0·0989
138	22 608	0·039	121	8·807	0·1008
137·5	21·640	0·041	120·5	8·638	0·1027
137	20·799	0·042	120	8·478	0·1046
136·5	19·989	0·044	119·5	8·327.	0·1064
136	19 245	0·046	119	8·176	0·1083
135 5	18·548	0·048	118·5	8·026	0·1102
135	17·898	0·049	118	7·884	0·1121
134·5	17·286	0·051	117·5	7·753.	0·1140
134	16·720	0·053	117	7·621	0·1159
133·5	16·183	0·055	116·5	7·498	0·1186
133	15·684	0·056	116	7·366	0·1206
132·5	15·204	0·058	115·5	7·244	0·1225
132	14·761	0·060	115	7·131	0·1243
131·5	14·337	0·062	114·5	7·018	0·1262
131	13·932	0·064	114	6·905	0·1281
130·5	13·546	0·066	113·5	6·801	0·1309
130	13·188	0·067	113	6·697	0·1328
129·5	12·839	0·069	112·5	6·594	0·1347
129	12·510	0·071	112	6·490	0·1366
128·5	12·299	0·0725	111·5	6·396	0·1384

Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$	Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$
111	6·302	0·1413	91	3·843	0·231
110·5	6·208	0·1432	90·5	3·805	0·233
110	6·123	0·1451	90	3·768	0·235
109·5	6·038	0·1469	89 5	3·730	0·238
109	5·963	0·1488	89	3·693	0·240
108·5	5·868	0·151	88·5	3·655	0·243
108	5·784	0·153	88	3·617	0·245
107·5	5·708	0·155	87·5	3·580	0·248
107	5·624	0·158	87	3·542	0·251
106·5	5·548	0·160	86·5	3·504	0·253
106	5·482	0.162	86	3·476	0·255
105·5	5·407	0·164	85·5	3·438	0·258
105	5·341	0·166	85	3·410	0·260
104·5	5·266	0·169	84·5	3·372	0·263
104	5·200	0·171	84	3·335	0·266
103·5	5·134	0·172	83·5	3·306	0·268
103	5·068	0·175	83	3·278	0·271
102·5	5·002	0·177	82·5	3·240	0·273
102	4·945	0·179	82	3·212	0·276
101·5	4·879	0·182.	81·5	3·184	0 279
101	4·823	0·184	81	3·156	0·282
100·5	4·766	0·186	80·5	3·118	0·284
100	4·710	0·188	80	3 090	0·286
99·5	4·643	0·190	79·5	3·061	0·289
99	4·597	0·193	79	3·023	0·292
98·5	4·540.	0·195	78 5	3·005	0·295
98	4·493	0·197	78	2·986	0·298
97·5	4·437	0·200	77·5	2·958	0·300
97	4·390	0·202.	77	2·930	0·303
96 5	4·343	0·204	76 5	2·901	0·306
96	4·286	0·207	76	2·873	0·308
95·5	4·239	0·209	75·5	2·854	0·311
95	4·192	0·211	75	2·826	0·314
94·6	4·145	0·214	74·5	2 801	0·316
94	4·107	0·217	74	2·776	0·319
93·5	4·060	0·218	73·5	2·752	0·322
93	4·013	0·221	73	2·728	0·325
92·5	3·976	0·223	72·5	2·704	0·328
92	3·928	0·226	72	2·681	0·331
91·5	3·890	0·228.	71·5	2·658	0·333

Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$	Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$
71	2·635	0·336	51	1·912	0·4635
70·5	2·612	0·339	50·5	1·898	0·4672
70	2·590	0·343	50	1·884	0·4710
69·5	2·568	0·346	49·5	1·870	0·4748
69	2·546	0·348	49	1·856	0·4785
68·5	2·524	0·351	48·5	1·842	0·4814
68	2·504	0·354	48	1·828	0·4851
67·5	2·483	0·357	47·5	1·814	0·4889
67	2·462	0·360	47	1·802	0·4927
66·5	2·442	0·364	46·5	1·788	0·4964
66	2·422	0·366	46	1·775	0·5002
65·5	2·402	0·369	45·5	1·761	0·5040
65	2·382	0·373.	45	1·749.	0·5068.
64·5	2·363	0·375	44·5	1·736	0·5106
64	2·344	0·379	44	1·724	0·5143
63·5	2·325	0·381	43·5	1·711	0·5181
63	2·306	0·384	43	1·698	0·5219
62·5	2·287	0·388	42·5	1·686	0·5256
62	2·269	0·391	42	1·674	0·5294
61·5	2·250	0·394	41·5	1·663	0·5341
61	2·232	0·396	41	1·650	0·5379
60·5	2·215	0·400	40·5	1·638	0·5416
60	2·198	0·404	40	1·627	0·5454
59·5	2·181	0·407	39·5	1·615	0·5492
59	2·163	0·410	39	1·603	0·5529.
58·5	2·146	0·4135	38·5	1·592	0·5577
58	2·130	0·4164	38	1·582	0·5614
57·5	2·113	0·4201	37·5	1·570	0·5652
57	2·097	0·423	37	1·569.	0·5690
56·5	2·080	0·4267	36·5	1·548	0·5737
56	2·064	0·4295	36	1·536	0·5774
55·5	2·048	0·4333	35·5	1·526	0·5812
55	2·033	0·4361	35	1·515	0·5860
54·5	2·017	0·4400	34·5	1·504	0·5897
54	2·002	0·4437	34	1·494	0·5935
53·5	1·987	0·4465	33·5	1·484	0·5982
53	1·972	0·4503	33	1·473	0·6019
52·5	1·956	0·4531	32·5	1·463	0·6066
52	1·941	0·4569	32	1·453	0·6104
51·5	1·935	0·4606	31·5	1·442	0·6151

Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$	Ablesung α	A $\frac{150+\alpha}{150-\alpha}$	B $\frac{150-\alpha}{150+\alpha}$
31	1·433	0·6189	15	1·151	0·7705
30·5	1·422	0·6236	14·5	1·144	0·7753
30	1·413	0·6283	14	1·136	0·7809.
29 5	1·403	0·6321	13·5	1·128	0 7868
29	1·393.	0·6368	13	1·121	0·7922
28·5	1·384	0·6415	12·5	1·112	0·7979
28	1·374	0·6427.	12	1·105	0·8026
27·5	1·365	0·6500	11·5	1·098	0·8082.
27	1·355	0·6547	11	1·091	0·8129.
26 5	1·346	0·6594	10 5	1·083	0·8186
26	1·337	0·6641	10	1·077	0·8242
25·5	1·327	0·6679.	9·5	1·069	0·8299
25	1·319	0·6726	9	1 062	0·8355
24·5	1·309	0·6773.	8·5	1·055	0·8412
24	1·300.	0·6820	8	1 047	0·8469
23·5	1·291	0·6868	7·5	1·041	0·8525
23	1·283	0·6914	7	1·033.	0·8582
22·5	1·273	0·6961	6·5	1·027.	0·8638
22	1·265	0·7008	6	1·019.	0 8695
21·5	1·257	0·7055	5·5	1·014	0·8751
21	1·248	0·7103	5	1·006	0·8808
20·5	1·239.	0·7159	4·5	1·000	0 8874
20	1·228	0·7206	4	0·993	0 8930
19·5	1·222	0·7353	3·5	0·986	0·8957
19	1·215	0·7300	3	0·979.	0·9043
18·5	1·207	0·7348	2·5	0·973.	0·9109
18	1·200	0·7404.	2	0·967	0·9175
17·5	1·191	0·7451	1·5	0·961	0·9232
17	1·182	0·7498	1	0·954.	0·9297
16·5	1·175	0·7555	0·5	0·948	0·9354
16	1·166	0·7602	0	0·942	0·9420.
15·5	1·159	0·7658			

Schema zum Kostenanschlag für elektrische Beleuchtung mit Glühlicht.

A. Elektrische Apparate.

Position	Anzahl	Bezeichnung der auszuführenden Lieferung an Material, Apparaten, Arbeiten u. s. w.	Kostenbetrag im Einzelnen	Kostenbetrag im Ganzen
I	—	dynamoelektr. Maschinen, System — Modell — zur Speisung von nominell — 16kerzig. — Glühlampen — System . . .	—	—
II	—	Gleitschienen u. Stellvorrichtung zur Maschine	—	—
		Regulator, um die Strommengen der jeweiligen im Betriebe befindlichen Lampenzahl entsprechend zu regeln	—	—
		(Fällt bei Compound-Dynamos fort.)		
III	—	Lampen, 8kerzige	—	—
		— 16 »	—	—
		— . 32 »	—	—
		— 50 »	—	—
		— 100 »	—	—
IV	—	Lampenfassungen ohne Hahn . .	—	—
		— mit » . .	—	—
	—	Doppelcontactstöpsel u. Anschlussdosen f. bewegliche Lampen .	—	—
	—	Doppelleitungsschnur f. bewegl. Lampen	—	—
		Einzelne Dosenhähne	—	—
V	—	Schaltvorrichtungen zum Auslöschen, respective Anzünden für 1—3 Lampen	—	—
		» 3—8 »	—	—
		» 8—30 »	—	—
		» 30—80 »	—	—
		» 80—100 »	—	—
		» 100—150 »	—	—
		Fürtrag . . .	—	—

Position	Anzahl	Bezeichnung der auszuführenden Lieferung an Material, Apparaten, Arbeiten u. s. w.	Kostenbetrag im Einzelnen	Kostenbetrag im Ganzen
		Uebertrag . . .	—	—
VI	—	Blei-Einschaltungen für Haupt-		
	—	leitungen	—	—
	—	dto. für Zweigleitungen . . .	—	—
		dto. für einzelne Lampen . .	—	—
VII	—	Bleiverbindungen	—	—
VIII	—	hölzerne Drahtklemmen, kl. Modell	—	—
	—	dto. grosses Modell	—	—
IX	—	Porzellan-Isolatoren, kleines Modell	—	—
		dto. grosses »	—	—
	—	Porzellan-Rollen mit Schrauben .	—	—
	—	Bogen Asbestpappen	—	—
	—	m Gummirohr	—	—
X	—	Klemmschrauben	—	—
	—	kg Heftnägel, grosse	—	—
	—	kg » kleine	—	—
XI		kg feuersich., isolirter Kupferdraht	—	—
	—	kg Isolirband	—	—
XII	—	Stück Reservebürsten für den		
		Stromabgeber	—	—
	—	Spannungsmesser	—	—
XIII	—	Für einen Monteur etc. zum Verlegen der Leitungen, Aufstellen der Maschinen und Inbetriebsetzung der Anlage	—	—
XIV	—	Für Unvorhergesehenes und zur Abrundung der Summe gegen besonderen Nachweis*) . . .	—	—
		Summa . . .	—	—

*) Die Wand- und Deckenarme, Tischlampen, Handlaternen etc. sind nicht mit aufgeführt. In Fabriken schützt man die Lampen noch mit Glaskugeln.

B. Motoren-Anlage.

Position	Anzahl	Bezeichnung der auszuführenden Lieferung an Material, Apparaten, Arbeiten u. s. w.	Kostenbetrag im Einzelnen	Kostenbetrag im Ganzen
I	—	Dampfmaschine, complet, für — *HP* bei — Atmosphären Ueberdruck und — Füllung	—	—
II	—	Transmission mit Riemscheiben, Lagern etc.	—	—
III	—	Treibriemen, einfach geleimt,		
	—	— mm breit, — m lang . . .	—	—
		Hanfseile, — mm stark, — m lang	—	—
IV	—	Gesammtbetrag . . .	—	—

Schema zum Kostenanschlag für elektrische Beleuchtung mit Bogenlicht.*)

Position	Anzahl	Bezeichnung der auszuführenden Lieferung an Material, Apparaten, Arbeiten u. s. w.	Kostenbetrag im Einzelnen	Kostenbetrag im Ganzen
I	—	elektrische Maschinen, Modell Nr. —, System —, zum Betriebe von — Bogenlampen, à ☐ Ampère zu — Normalkerzen .	—	—
II	—	Gleitschienen und Stellvorrichtung zum Verschieben der Maschine behufs Spannen des Riemens .	—	—
		Fürtrag . . .	—	—

*) Die Preise verstehen sich mit Verpackung ab Bahnhof. — Erd-, Maurer-, Tischler- und Zimmerer-Arbeiten sind ausgeschlossen.

Position	Anzahl	Bezeichnung der auszuführenden Lieferung an Material, Apparaten, Arbeiten u. s. w.	Kostenbetrag im Einzelnen	Kostenbetrag im Ganzen
		Uebertrag . . .	—	—
III	—	Ankerschrauben mit Platten für das Fundament, Befestigungsschrauben für die Maschine .	—	—
IV	—	Differential-Lampen f. —stündige Brennzeit	—	—
V	—	einfache Fabriksgehänge mit — cm Glaskugel und Regenschutzhülse	—	—
VI	—	eiserne Console nebst Ketten und Rollen zum Aufziehen d. Lampen	—	—
VII	—	m blank. Kupferdraht, — mm stark	—	—
	—	m Guttapercha-Ader Nr. — . .	—	—
VIII	—	Isolatoren mit Stützen	—	—
IX	—	Drahtwiderstände mit Umschalter	—	—
	—	Umschalter für die Maschine zum Ausschalten	—	—
	—	Tourenzähler in Etui	—	—
X	—	Für einen Monteur zur Installation	—	—
XI	—	Für Unvorhergesehenes und zur Abrundung der Summe gegen besonderen Nachweis	—	—
		Summa . . .	—	—

Telegraphische Einheiten.*)

	Ohm	Deutsche Meile	Französ. Meile	Englische Meile	Kilometer
Ohm	1	0·014	0·023	0·065	0·105
Deutsche Meile	71·2	1	1·67	4·65	7·5
Französ. Meile	46·2	0·6	1	2·78	4·48
Englische Meile	15·3	0·215	0·359	1	1·61
Kilometer	9·5	0·134.	0·223.	0·62	1

Grössere technische Einheiten.

1. Pferdekraft:

Englisches Mass | 1 *HP* = {
550 Fusspfund per Secunde.
33.000 » » Minute.
1,980.000 » » Stunde.
747 VA per Secunde.

Metrisches Mass | 1 *HP* = {
75 mkg per Secunde.
4500 » » Minute.
270.000 » » Stunde.
736 VA.

Bei einmaliger Transformation mittelst Dynamomaschine ergibt 1 *HP* ca. 460 VA.

*) Die im Anhange gegebenen Schemata und Tabellen verdanke ich theilweise den Herren Ingenieuren C. Krimping sowie Robins; auch sind einige aus dem Kalender des Herrn F. Uppenborn, sowie aus dem »Formulaire pratique de l'électricien« von E. Hospitalier entnommen.

2. 1 Stunden-Ampère = 3600 Cb.
3. 1 Stunden-Voltampère = 3600 VCb.

Das Tausendfache dieser Einheit wurde vom Board of Trade als Arbeitseinheit bestimmt für die englischen Beleuchtungscompagnien.

Vergleichs-Tabelle.

Widerstandseinheiten

$$1\ \Omega = 1{\cdot}0615\ \text{SE}.$$
$$1\ \text{SE} = 0{\cdot}9421\ \Omega.$$

Tabelle zur Umwandlung von Siemens-Einheiten in Ohm und umgekehrt.

SE.	Ohm	SE.	Ohm	Ohm	SE.	Ohm	SE.
1	0·9421	60	56 5260	1	1·0615	60	63·6900
2	1·8842	70	65·947	2	2·1230	70	74·3050
3	2·8263	80	75·368	3	3·1845	80	84·9200
4	3·7684	90	84·7890	4	4·2460	90	95·5350
5	4·7105	100	94·210	5	5·3075	100	106·150
6	5·6526	200	188 42	6	6·3690	200	212 300
7	6·5947	300	282·63	7	7·4305	300	318·450
8	7·5368	400	346 84	8	8·4920	400	424 600
9	8·4789	500	471 05	9	9 5535	500	530·750
10	9·4210	600	565·26	10	10·6150	600	636·900
20	18·8420	700	659·47	20	21·2300	700	743·050
30	28·2630	800	753·68	30	31·8450	800	849·200
40	37·6840	900	847·89	40	42·4600	900	955·350
50	47·1050	1000	942·10	50	53·0750	1000	1061·500

Kreisumfangs- und Inhalts-Tabellen.

	Umfang	Inhalt ○		Umfang	Inhalt ○
10	31·416	78·5398	29	91·106	660·520
10·5	32·987	86·5901	29·5	92·677	683·493
11	34·558	95·0332	30	94·248	706·858
11·5	36·128	103·869	30·5	95·819	730·617
12	37·699	113·097	31	97·398	454·768
12·5	39·270	122·718	31·5	98·960	779 311
13	40·841	132·732	32	100·53	804·248
13·5	42·412	143·139	32·5	102·10	829·577
14	43·982	153 938	33	103·67	855·299
14·5	45·553	165·130	33·5	105·24	881·413
15	47·124	176·715	34	106·81	907·920
15·5	48·695	188·692	34·5	108 38	934·820
16	50·265	201·062	35	109·96	962·113
16·5	51·836	213·825	35·5	111·53	989·798
17	53·407	226·980	36	113·10	1017·88
17·5	54·978	240 528	36·5	114·67	1046·35
18	56·549	254·469	37	116·24	1075·21
18·5	58·119	268·803	37·5	117·81	1104·47
19	59·690	283·529	38	119·38	1134·11
19·5	61·261	298·684	38·5	120·95	1164·16
20	62·832	314·159	39	122·52	1194·59
20·5	64·403	330·064	39·5	124·09	1225·42
21	65·973	346·361	40	125·66	1256·64
21·5	67·544	363·050	40·5	127·23	1288·25
22	69·115	380·133	41	128·81	1320·25
22·5	70·686	397·608	41·5	130·38	1352·65
23	72·257	415·476	42	131·95	1385·44
23·5	73·827	433·736	42·5	133·52	1418·63
24	75·398	452·389	43	135·09	1452·20
24·5	76·969	471·435	43·5	136·66	1486·17
25	78·540	490·874	44	138·23	1520·53
25·5	80·111	510 705	44·5	139·80	1555·28
26	81·681	530·929	45	141·37	1590·43
26·5	83·252	551·546	45·5	142·94	1625·97
27	84·823	572·555	46	144·51	1661·90
27·5	86·394	593·957	46·5	146·08	1698·23
28	87·965	615·752	47	147 65	1734·94
28·5	89·535	637·940	47·5	149·23	1772 05

	Umfang	Inhalt ○		Umfang	Inhalt ○
48	150·80	1809·56	49·5	155·51	1924·42
48·5	152·37	1847·45	50	157·08	1963·50
49	153·94	1885·74			

Tabelle über Gewicht und Widerstand von Kupferdrähten.

Kreisförmiger Querschnitt (15° C.); Spec. Gewicht = 8·9; 1 m. käufliches Kupfer von 1 Quadratmillimeter. Querschnitt angenommen zu 0·0166 Ohm.

Durch-messer in mm	Gewicht per m in gr	Widerstand per m in Ohm	Länge per Ohm in m
0·1	0·070	1·1040	0·4763.
0·2	0·280	0·5294	1·8888
0·3	0 630	0·2406	4·1550
0·4	1·120	0·1322.	7·561
0·5	1·747	0·07465	11·823
0·6	2·720	0·05880	17·005.
0·7	3·430	0·04320	23·146
0·8	4·480	0·03307	30·232.
0·9	5·670	0·02613	38·267.
1·0	7·000	0·02116	47·142
1·1	8·458	0·01749	57·161
1·2	10·065	0·01470	68·030
1·3	11·810	0·01252	79·820
1·4	13·697	0·01080	92·572.
1·5	15·726	0 009409	106·287
1·6	17·897	0·008271	120·900
1·7	20·201	0·007334.	136·338
1·8	22·642	0·006534.	153·024.
1·9	25·233	0 005864	170·526.
2·0	26·960	0·005293.	188·934.

Durchmesser in mm	Gewicht per m in gr	Widerstand per m in Ohm	Länge per Ohm in m
2·1	30·826	0·004800	208·300
2·2	33·829	0·004373	228·631
2·3	36·979	0·004002.	249·866
2·4	40·363.	0·003675	272·062.
2·5	43·618	0·003387	295·214
2·6	47·250	0·003131	319·338
2·7	50·952.	0·002903	344·366
2·8	54·797	0·002700	370·350
2·9	58·784	0·002517	397·290
3·0	62·905	0·002352.	425·150
3·1	67·168	0·002202	453·950
3·2	71·573.	0·002067	483·722.
3·3	76·122	0·001943	514·466
3·4	80·803.	0·001831	546·112.
3·5	85·627	0·001728	578·712.
3·6	90·593	0·001633	612·337.
3·7	95·693	0·001546	646·616
3·8	100·935.	0·001466	682·100
3·9	106·319.	0·001391	718·800
4·0	111·837.	0·001322	756·100
4·1	117·498	0·001259	793·980
4·2	123·301	0·001200	833·080
4·3	130·246	0·00144	873·400.
4·4	135·324.	0·001093.	914·280
4·5	141·546	0·00105	956·400
4·6	148·109·	0·001000	999·700
4·7	154·206	0·000958	1043·611
4·8	161·054	0·0009190	1088·125
4·9	167·827	0·0008815	1134·435
5·0	174·751	0·0008469.	1180·756.
5·5	211·446	0·0006997	1429·100
6·0	251·638	0·0005880	1700·480
6·5	305·328	0·0005010	1995·812
7·0	342·508	0·0004320	2314·631
7·5	393·184	0·0003763.	2657·437
8·0	447·362	0·0003307	3023·785
8·5	451·303.	0·0002960	3425·267
9·0	560·191.	0·0002613	3826·750
9·5	632·598	0·0002364	4274·986
10·0	699·906	0·0002116.	4724·222

Draht-Tabelle der englischen Drahtlehre.

Nr. B. W. G.	Durchmesser in mm	Querschnitt in □mm	Umfang in mm	Meter in 1 kg	Gewicht von 1 m in gr	Widerstand von 1 kg in Ohm
1	7·62	45·6	23·9	1·95	514·0	0·00073515*)
2	7·21	40·8	22·6	2·78	360·0	0·00116760
3	6·58	34·0	20·7	3·33	300·0	0·00168165
4	6·04	28·7	19·0	3·95	253·0	0·00232260
5	5·59	24·5	17·6	4·61	217·0	0·00322700
6	5·16	21·0	16·2	5·43	184·0	0 00452319
7	4·57	16·4	14·3	6·90	145·0	0·0073140
8	4·19	13·8	13·1	8 20	122·0	0·0102500
9	3·76	11·1	11·8	10 20	98·0	0·0158100
10	3·40	9·1	10 7	12·50	80·0	0·0237500
11	3·05	7·3	9·6	13·50	74·0	0·0318600
12	2·77	6·0	8·7	18·75	53·0	0·0539682
13	2·41	4·6	7·6	24·80	40·3	0·0932480
14	2·11	3·5	6·63	32·40	30·9	0·160380
15	1·83	2·63	5·75	45·10	23·2	0·294954
16	1 65	2·14	5·18	52·90	18·9	0·430077
17	1·47	1·17	4·62	69·40	14·4	0·73564
18	1 24	1·21	3·90	94·30	10·6	1·33906
19	1·07	0·90	3·36	135·10	7·4	2·60743
20	0·89	0·62	2·80	181·80	5·5	5·05404
21	0·81	0·51	2·54	212·80	4·7	7 04368
22	0·71	0·39	2·23	285·70	3·5	12 37081
23	0·63	0·31	1·98	364·0	2·8	19·6924
24	0·55	0·24	1·73	465·0	2·15.	32·5500

*) 1 m Draht Nr. 1 der B. W. G. hat 0·000377 Ohm Widerstand.
1360 kg auf 1·0 Ohm Widerstand.
2652 m » 1·0 » »

Gewichte der Metallplatten.*)

Dicke in mm	Kilogramm per Quadratmeter					
	Schmiede- Eisen	Guss- Eisen	Messing	Kupfer	Blei	Zink
1	7·79	7·24	8·57	8·79	11·35	6·86
2	15·58	14·49	17·02	17·58	22·70	13·72
3	23·36	21·73	25·52	26·36	34·06	20·58
4	31·15	28·97	34·03	35·15	45·41	27·44
5	38·94	36·22	42·54	43·94	56·76	34·31
6	46·73	43·46	51·05	52·73	68·11	41·17
7	54·52	50·70	59·56	61·52	79·46	48·03
8	62·30	57·94	68·06	70·30	90·82	54·89
9	70·09	65·19	76·57	79·09	102·17	61·75
10	77·88	72·43	85·08	87·88	113·52	68·61

*) Die Plattendicke in Millimeter, multiplicirt mit dem specifischen Gewichte des Materials, resp. mit dem Gewichte eines Kubikdecimeters desselben, ist gleich dem Gewichte eines Quadratmeters Platte; nach F. Reuleaux, »Der Constructeur«, Braunschweig 1872.

Constants

To ascertain the circular mills required for any number of Edison Lamps at any distance from Dynamo at any loss from 1 to 20 per cent.

Rule

For *A* Lamps:

L = no. of Lamps

D = Distance in feet (english) from machine

C = Constant for loss required.

Table

Loss per cent	Constant in circular mills 1 Lamp 1 Foot	Loss per cent	Constant in circular mills 1 Lamp 1 Foot
1	7·326241	11	0·597005
2	3·637323	12	0·541121
3	2 386233	13	0·493856
4	1·771262	14	0·453507
5	1·402003	15	0 418133
6	1·156234	16	0·387530
7	0·980354	17	0·360407
8	0 848530	18	0 336197
9	0·746117	19	0·314632
10	0·664095	20	0·295142

$L \times D2 \times C$ = circular mills required

For *B* Lamps (*B* machine):

$L \times D2 \times C2$ = circular mills required*)

*) Siehe nächste Seite die Draht-Tabelle. Die Angaben verdanke ich Herrn Ingenieur Robins in New-York.

Dimensionen von Drähten nach der englischen (B. W. G.) Drahtlehre.*)

Nr. der B. W. G.	Durch-messer in mills	Durch-messer in mm	Area in □ circ. mills	Querschnitt in □ mm O
0000	454	11·53		103.87
000	425	10·79		91·60
00	380	9·65		73·89
0	340	8·63		58·09
1	300	7·62		45·6
2	284	7·21		40·8
3	259	6·58		34·0
4	238	6·04		28·7
5	220	5·59	48400	24·5
6	203	5·16	41209	21·0
7	180	4·57	32400	16·4
8	165	4·19	27225	13·8
9	148	3·76	21904	11·1
10	134	3·40	17956	9·1
11	120	3·05	14400	7·3
12	109	2·77	11881	6·0
13	95	2·41	9025	4·6
14	83	2·11	6889	3·5
15	72	1·83	5184	2·63
16	65	1·65	4225	2·14
17	58	1·47	3364	1·70
18	49	1·24	2401	1·21
19	42	1·06	1764	0·90
20	35	0·89	1225	0·62

*) Die Zahlen sind nicht ganz genau, sie gehören zur Berechnung der Leitungsquerschnitte auf S. 155.

Widerstände von Drähten aus reinem Kupfer,

reducirt auf 0° C., specifisches Gewicht = 8·9, nach der französischen Drahtlehre (jauge decimale).

Draht-Nummer	Durchmesser in mm	Gewicht per m in gr	Länge in m per kg blank	Widerstand des Drahtes bei 0° C.		
				Ohm per km	m per Ohm	Ohm per kg
»	5·0	175·00	5·7	0·8	1230·50	0·00456
20	4·4	135·28	7·4	1·06	944·38	0·00784
19	3·9	106·35	9·5	1·35	722·00	0·0128
18	3·4	80·80	12·5	1·80	563·72	0·0222
17	3·0	62·93	16·0	2·3	439·07	0·0365
16	2·7	51·00	19·8	2·8	355·65	0·0557
15	2·4	40·23	25	3·6	281·00	0·0880
14	2·2	33·82	29	4·2	236·08	0·123
13	2·0	27·95	36	5·1	195·15	0·185
12	1·8	22·70	44	6·3	158·08	0·278
11	1·6	17·89	56	8·0	124·90	0·448
10	1·5	15·75	63	9·1	109·75	0·574
9	1·4	13·70	73	10·5	95·651	0·763
8	1·3	11·84	85	12·0	82·420	1·03
7	1·2	10·06	100	14·0	70·240	1·42
6	1·1	8·47	119	17·0	59·024	2·02
5	1·0	6·99	144	20·0	48·782	2·95
4	0·9	5·66	178	25·0	39·515	4·19
3	0·8	4·47	225	32·0	31·225	7·21.
2	0·7	2·83	294	42·0	23·900	12·30
1	0·6	2·52	400	57·0	17·560	22·78
P	0·5	1·74	576	81·0	12·305	46·81
»	0·40	1·1750	902	122·4	8·173	110·41
»	0·34	0·8080	1251	177·9	5·622	222·55
»	0·30	0·7181	1607	228·5	4·377	367·20
»	0·24	0·4026	2508	357·0	2·801	895·36
»	0·20	0·2797	3614	514·0	1·945	1857·60
»	0·16	0·1790	5590	803·1	1·245	4·489
»	0·12	0·1007	9929	1428·0	0·700	14·179
»	0·10	0·0699	14369	2056·0	0·486	29·549
»	0·8	0·0447	24570	3213·0	0·311	78·943
»	0·6	0·0252	39824	5713·0	0·173	227·515
»	0·4.	0·0112	88878	12848·0	0·078	1142·405.

Reduction des Kupferwiderstandes auf 15⁰ C.

Der bei der Temperatur t gemessene Kupferwiderstand ist mit dem Coëfficienten c zu multipliciren, um denselben auf 15^0 C. zu reduciren.

t	c	$log\ c$	t	c	$log\ c$
25·0	0·9637	9·98394	12·0	1·0112	0·00485
24·5	0·9655	9·98474.	11·5	1·0131	0·00566
24·0	0·9673.	9·98554	11·0	1·0150	0·00647
23·5	0·9690	9·98634	10·5	1·0169	0·00728
23·0	0·9708	9·98714.	10·0	1·0188	0·00809
22·5	0·9726	9·98794.	9·5	1·0207	0·00890
22·0	0·9744	9·98874.	9·0	1·0226	0·00972
21·5	0·9762.	9·98954.	8·5	1·0245	0·01053.
21·0	0·9780	9·99034.	8·0	1·0265	0·01134
20·5	0·9798	9·99115.	7·5	1·0284	0·01215
20·0	0·9816	9·99195	7·0	1·0303	0·01297
19·5	0·9834.	9·99275	6·5	1·0322	0·01378
19·0	0·9853.	9·99355	6·0	1·0342	0·01459
18·5	0·9871	9·99436	5·5	1·0361	0·01541
18·0	0·9889.	9·99516	5·0	1·0381	0·01622
17·5	0·9908	9·99597	4·5	1·0400	0·01704
17·0	0·9926	9·99677.	4·0	1·0420	0·01785
16·5	0·9944	9·99758	3·5	1·0439	0·01867
16·0	0·9963.	9·99839	3·0	1·0459	0·01948
15·5	0·9981	9·99919	2·5	1·0479	0·02030
15·0	1·0000	0·00000	2·0	1·0498	0·02112
14·5	1·0019	0·00081	1·5	1·0518	0·02193
14·0	1·0037	0·00162	1·0	1·0538	0·02275
13·5	1·0056	0·00242	0·5	1·0558	0·02357
13·0	1·0075	0·00323	0·0	1·0578	0·02438.
12·5	1·0094	0·00404.			

Wenn wt der Widerstand des Kupfers bei t^0, $w15$ derjenige bei 15^0 ist, so hat man:

$$w15 = wt\,(1 - 0{\cdot}003718\,[t - 15^0] + 0{\cdot}00000882\,[t - 15^0]).$$

(Siehe Tabelle über Spannungsverlust etc. auf Seite 161.)

Tabelle über den Einfluss der Temperatur auf den Widerstand und die Leitungsfähigkeit von Kupferdrähten.

Temperatur in ⁰ C.	Widerstand	Leitungsfähigkeit	Temperatur in ⁰ C.	Widerstand	Leitungsfähigkeit
0	1·00000.	1·00000	16	1·06168	0·94190
1	1·00381	0·99624	17	1·06563	0·93841
2	1·00756	0·99250	18	1·06959.	0·93494
3	1·01135	0·98878	19	1·07356	0·93148
4	1·01515	0·98508	20	1·07742	0·92814
5	1·01896	0·98139	21	1·08164	0·92452
6	1·02280	0·97771	22	1·08553	0·92121
7	1·02663.	0·97406	23	1·08954	0·91782
8	1·03048.	0·97042	24	1·09356	0·91445
9	1·03435.	0·96679.	25	1·09763	0·91110
10	1·03822	0·96319	26	1·10161	0·90776
11	1·04199	0·95970.	27	1·10567	0·90443
12	1·04599	0·95603	28	1·10972	0·90113
13	1·04990	0·95247	29	1·11382	0·89784
14	1·05406.	0·94893.	30	1·11782	0·89457
15	1·05774	0·94541			

Tabelle über die gebräuchliche Dicke der Bespinnung von Kupferdrähten mit Baumwolle.

Durchmesser blank	Durchm. übersponnen	Ueberspinnung	Durchmesser blank	Durchm. übersponnen	Ueberspinnung
0·50	1·09	0·59	2·5	3·1	0·60
1·00	1·37	0·37	2·6	3·2	0·60
1·10	1·47	0·37	3·0	3·7	0·70
1·15	1·60	0·45	3·4	4·10	0·70
1·25	1·73	0·48	3·5	4·20	0·70
1·50	2·00	0·50	4·0	4·8	0·80
1·60	2·15	0·55	4·25	5·30	1·05
2·00	2·55	0·55	4·50	5·70	1·20
2·20	2·78	0·58	5·00	6·20	1·20
2·3	2·90	0·60	5·20	6·40	1·20
2·4.	3·00	0·60	6·00	7·30	1·30

Tabelle der specifischen Widerstände von Metallen und Legirungen bei ⁰ C.

Metalle	Widerstand eines kbcm Mikroohm	Widerstand eines Drahtes v. 1 m Länge und 1 gr Gewicht Ohm	Widerstand eines Drahtes v. 1 m Länge und 1 mm Dicke Ohm	Legirungen	Widerstand eines kbcm Mikroohm	Widerstand eines Drahtes v. 1 m Länge und 1 gr Gewicht Ohm	Widerstand eines Drahtes v. 1 m Länge und 1 mm Dicke Ohm
Aluminium, geglüht	2·945	0·0757	0·03751	Argentan oder			
Antimon	35·900	0·4110	0·45710	Packfong, ge-			
Blei	19·850	2·2570	0·25260	glüht od. hart	21·17	1·850	0·2695
Eisen, geglüht . .	9·825	0·7654	0·12510	Legir. (geglüht			
Gold, hart	2·118	0·4150	0·02697	oder hart) aus			
Gold, geglüht . .	2·081	0·4080	0·02650	2 Th. Silber			
Kupfer, hart . . .	1.652	0·1469	0·02104	u. 1 Th. Platin			
Kupfer, geglüht . .	1·616	0·1440	0·02057	(in den Wider-			
Nickel	12·600	1·0710	0·16040	stands-Etalons			
Platin	9·158	1·9600	0·11660	verwendet) . .	24·66	2·959	0·3140
Quecksilber . . .	99·740	13·0600	1·22470	Legir. aus 2 Th.			
Silber, hart . . .	1·652	0·1682	0·02103	Gold auf 1 Th.			
Silber, geglüht . .	1·521	0·1544	0·01937	Silber, geglüht			
Wismuth	132·700	13·0300	1·68900	oder hart . .	10·99	1·608	0·1399
Zink	5·689	0·4067	0·07244	Messing . . .	8.26	1·694	0·1051
Zinn	13·360	0·9738	0·17010	Stahl	9·91	0·776	0.1262

Tabellen über absorbirten Effect, Spannungsverlust und Erwärmung von Kupferdrähten.

I. Für Ströme von 5—90 *A*.

Durchmess. d. Drahtes in mm	5 *A* Spann.-Verlust per km in *V*	5 *A* Absorb. Effect per km in *PH*	5 *A* Temperat.-Erhöhung in °C.	10 *A* Spann.-Verlust per km in *V*	10 *A* Absorb. Effect per km in *PH*	10 *A* Temperat.-Erhöhung in °C.	20 *A* Spann.-Verlust per km in *V*	20 *A* Absorb. Effect per km in *PH*	20 *A* Temperat.-Erhöhung in °C.
1·0	10·4	0·72	11	213	2·9	82			
1·5	48·7	0·32	6	80	1·1	24·			
2·0	26·0	0·13	3	53·7	0·73	10	106	2·9	41
2·5	16·2	0·11	1	33·8	0·46	5·	66	1·8	21
3·0	11·7	0·08	0·8	23·6	0·32	3	44	1·2	12
3·5	8·8	0·06	0·5	16·9	0·23	2	34	0·92	7
4	7·4	0·05	0·3	13·0	0·18	1	26.5	0·72	5
5				8·1	0·11	0·7	18	0·45	3
6				5·8	0·08	0·4	11·8	0·32	2
7				4·4	0·06	0·2	10·5	0·28	1
8				3·7	0·05	0·2	6·5	0·18	0·6
9				2·9	0·04	0·1	5·2	0·14	0·4
10							4·4	0·12	0·3
11							3·7	0·10	0·2

Durchmess. d. Drahtes in mm	30 *A* Spann.-Verlust per km in *V*	30 *A* Absorb. Effect per km in *PH*	30 *A* Temperat.-Erhöhung in °C.	40 *A* Spann.-Verlust per km in *V*	40 *A* Absorb. Effect per km in *PH*	40 *A* Temperat.-Erhöhung in °C.	50 *A* Spann.-Verlust per km in *V*	50 *A* Absorb. Effect per km in *PH*	50 *A* Temperat.-Erhöhung in °C.
2·0	169	6·9	92						
2·5	108	4·4	47						
3·0	74	3·1	27	95·6	5·2	49			
3·5	54	2·2	17	68·1	3·7	28.			
4	42	1·7	11	53·3	2·9	21	66·2	4·5	32
5	27	1·1	5	33·0	1·8	11	42·6	2·9	16
6	18·9	0·77	3	23·9	1·3	6	29·4	2·0	10
7	13·7	0·56	2	17·5	0·94	4	22·1	1·5	6
8	10·5	0·43	1	13·2	0·72	3	16·2	1·1	4
9	8·3	0·34	1	10·7	0·57	2	11·8	0·89	3
10	6·8	0·28	0·7	9·0	0·46	1	10·7	0·72	2
11	5·6	0·23	0·6	7·5	0·41	1	8·8	0·60	2
12	4·7	0·19	0·4	5·9	0·32	0·8	7·5	0·50	1
13	3·9	0·6	0·3.	5·2	0·27	0·6	6·2	0·42	1

Durchmess. d. Drahtes in mm	30 A Spann.-Verlust per km in V	30 A Absorb. Effect per km in PH	30 A Temperat.-Erhöhung in °C.	40 A Spann.-Verlust per km in V	40 A Absorb. Effect per km in PH	40 A Temperat.-Erhöhung in °C.	50 A Spann.-Verlust per km in V	50 A Absorb. Effect per km in PH	50 A Temperat.-Erhöhung in °C.
14				4·3	0·23	0·5	5·5	0 37	0·8
15				3·9	0 20	0·4	4·7	0·32	0·6
16							4·1	0·28	0·5
17							3·7	0·25	0·4
	60 A			**70 A**			**80 A**		
5	52·4	4·1	24	58·9	5·7	32	68·1	7·4	42
6	35 7	2·9	14	41·0	3·9	19	47·8	5·2	24
7	25·8	2·1	9	30·5	2·9	12	34·0	3·7	15
8	19·6	1·6	6	23·1	2·2	8	26·7	2·9	10
9	15·9	1·3	4	17·9	1·7	6	21·1	2·3	7
10	12·3	1·0	3	14·7	1·4	4	16·6	1·8	5
11	10·4	0·85	2	12·6	1·2	3	13·8	1·5	4
12	8·9	0·72	2	10·4	0·98	2	12·0	1·3	3
13	7·6	0 61	1	8·8	0·83	2	10·1	1·1	2
14	6·5	0·53	1	7·5	0·72	2	8·6	0·94	2
15	5·8	0·46	0·9	6·5	0·62	1	7·5	0·81	2
16	4·9	0·40	0·8	5·8	0·55	1	6·6	0·72	1
17	4·4	0·36	0·6	5·1	0·49	0·8	5·9	0·64	1
18	3·9	0·32	0·5	4·5	0·43	0·7	5·2	0·57	0·9
19	3·6	0·29	0·4	4·1	0·39	0 6	4·7	0·51	0·8
20				3 7	0·35	0·5	4·2	0·46	0·7

Durchmess. d. Drahtes in mm	90 A Spann.-Verlust per km in V	90 A Absorb. Effect per km in PH	90 A Temperat.-Erhöhung in °C.	Durchmess. d. Drahtes in mm	90 A Spann.-Verlust per km in V	90 A Absorb. Effect per km in PH	90 A Temperat.-Erhöhung in °C.
5	77 0	9·4	53	13	11·4	1·4	3
6	54·0	6 6	31	14	9 8	1·2	2
7	38·4	4·7	19	15	8·2	1 0	2
8	27·2	3·6	13	16	7 5	0·91	2
9	23·7	2·9	9	17	6·7	0 81	1
10	18·8	2·3	7	18	4·9	0·71	1
11	17 8	1 9	5	19	5·3	0 64.	1
12	13·1	1·6	4	20	4·8	0·58	1

Tabelle über absorbirten Effect, Spannungsverlust und Erwärmung von Kupferdrähten.

II. Für Ströme von 1—1000 A.

Durchmess. d. Drahtes in mm	100 A Spann.-Verlust per km in V	100 A Absorb. Effect per km in PH	100 A Temperat.-Erhöhung in °C.	200 A Spann.-Verlust per km in V	200 A Absorb. Effect per km in PH	200 A Temperat.-Erhöhung in °C.	300 A Spann.-Verlust per km in V	300 A Absorb. Effect per km in PH	300 A Temperat.-Erhöhung in °C.
6	59·6	8·0	38						
7	43·4	5·8	24						
8	33·1	4·5	16						
9	25·8	3·5	11						
10	21·3	2·9	8	42·7	11·5	33·0			
11	17·7	2·4	6	35·3	9·5	25			
12	14·7	2·0	5	39·4	8·0	19			
13	12·5	1·7	4	25·4	6·8	15	36·8	1·5	34
14	11·0	1·5	3	22·1	5·9	12	31·9	1·3	27
15	9·6	1·3	2	18·8	5·1	10	27·0	1·1	22
16	8·1	1·1	2	16·5	4·5	8	24·5	1·0	18
17	7·4	1·0	2	14·7	4·0	7	22·1	8·9	15
18	6·6	0·9	1	12·9	3·5	6	19·6	8·0	13
19	5·9	0·8	1	11·8	3·1	5	17·6	7·1	11
20	5·2	0·7	1	10·7	2·9	4	15·9	6·4	9
22	4·4	0·6	1	8·8	2·4	3	13·2	5·3	7
24	3·7	0·5	1	7·4	2·0	2	11·0	4·5	5
26				6·3	1·7	2	9·3	3·8	4
28				5·2	1·4	2	8·1	3·3	3
30				4·8	1·3	1	7·1	2·8	3
32							6·1	2·5	2
34							5·4	2·2	2
36							4·9	2·0	2
	400 A			500 A			600 A		
15	36·8	2·0	39						
16	33·1	1·8	32						
17	29·6	1·6	27						
18	25·8	1,4	23	32·4	22	35			
19	23·9	1·3	19	29·4	20	30			
20	20·2	11·0	16	26·4	18	25	31·9	21	37
22	17·5	9·5	12	22·1	15	19	25'7	26	28

Durchmess. d. Drahtes in mm	400 A			500 A			600 A		
	Spann.-Verlust per km in V	Absorb. Effect per km in PH	Temperat.-Erhöhung in °C.	Spann.-Verlust per km in V	Absorb. Effect per km in PH	Temperat.-Erhöhung in °C.	Spann.-Verlust per km in V	Absorb. Effect per km in PH	Temperat.-Erhöhung in °C.
24	14·7	8·0	10	19·0	13	15	22·1	18	21
26	12·5	6·8	8	16·2	11	12	18·4	15	17
28	10·6	5·8	6	13·4	9·1	9	16·0	13	13
30	9·4	5·1	5	11·8	8·0	8	13·5	11	11
32	8·3	4·5	4	10·3	7·0	6	12·3	10	9
34	7·2	3·9	3	9·1	6·2	5	10·7	8·7	8
36	6·4	3·5	3	7·9	5·4	4	9·7	7·9	6
38	5·9	3·2	2	7·4	5·0	4	8·7	7·1	5
40				6·6	4·5	3	7·8	6·4	5
45				5·1	3·5	2	6·3	5·1	3
50							5·0	4·1	2

Durchmess. d. Drahtes in mm	700 A			800 A			900 A		
26	22·1	21	24						
28	18·9	18	18	—	23	24			
30	16·9	16	15	21·1	20	20	21·2	26	25
32	13·7	13	12	18·4	18	16	18·8	23	20
34	12·6	12	10	16·5	16	13	16·4	20	17
36	11·5	11	9	14·7	14	11	14·7	18	14
38	10·5	10	7	11·0	12	9	13·1	16	12
40	9·2	8·8	6	10·1	11	8	12·2	15	10
45	7·2	6·9	4	8·3	9·1	6	9·0	11	7
50	5·9	5·6	3	6·7	7·3	4	7·6	9·3	5
55	4·9	4·7	2	5·6	6·1	3	6·3	7·7	4
60				4·7	5·1	2	5·2	6·4	3

Durchmess. d. Drahtes in mm	1000 A			Durchmess. d. Drathes in mm	1000 A		
	Spann.-Verlust per km in V	Absorb. Effect per km in PH	Temperat.-Erhöhung in °C.		Spann.-Verlust per km in V	Absorb. Effect per km in PH	Temperat.-Erhöhung in °C.
30	23·5	32	30	40	13·2	18	12
32	20·6	28	25	45	10·3	14	9
34	18·4	25	21	50	8·1	11	6
36	16·2	22	18	55	7·1	9·5	5
38	14·6	20	15	60	5·8	7·9	4

Feuersichere Edisondrähte.

Nr. der Birmingham Lehr									
3	5	6	8	10	12	14	16	18	20
Querschnitt in Quadrat-Millimeter									
34	25·5	20·8	13·8	9·07	5·72	3·14	2·01	1·13	0·63
Durchmesser in Millimeter									
6·5	5·5	5	4·2	3·4	2·7	2	1·6	1·2	0·92
Ungefähre Anzahl Meter per Kilogramm									
2·85	3·68	4·27	5·9	8·8	12·75	21·3	33·0	55·5	77·0

Der Querschnitt der Leitungen in Quadrat-Millimetern für irgend eine Anzahl Glühlampen und irgend eine Entfernung der Lampen von der Dynamomaschine wird berechnet nach der Formel

$$q = \frac{n \times m}{c}$$

worin n die Anzahl der Lampen, m die Entfernung der Lampen von der Maschine in Metern und c einen constanten Factor bedeutet, welcher je nach dem Stromverluste, den man in den Leitungen gestatten will, verschieden ist; (man rechnet 2·5—10 Percent Verlust).

Bleiumpresste Kupferdrähte*) von Siemens & Halske.

Kupferdraht.	Umpresst zu	Umpresster Draht entspricht e. soliden Kupferdraht von	Fabriks-Nummer	Kupfer-Querschnitt	Ungefähre Länge einer Pressung
1·3 mm	3·5 mm	1·6 mm	—	1·33	1500 m
3·56 mm	5.75 mm	3·78 mm	2000 B.	9·95	775 m
5·00 mm	7·25 mm	5·2 mm	1000 B.	19·6	600 m
1 Draht v. 3·56 mm 9 Drähte v. 2 mm entspricht einem soliden Draht v. 7 mm.	10 m	7·2 mm	0·500 B.	38·5	425 m

*) Die obigen Drähte, als auch die der folgenden Tabelle werden für oberirdische Lichtleitungen in Schwefelsäure-Fabriken angewendet, um das Kupfer vor Zerstörung durch Säure zu schützen. Die Reckehütte bei Schoppinitz in Oberschlesien ist mit solchen Leitungen für 400 (16 Kerzen) Glühlampen versehen.

Kupferdraht.	Umpresst zu	Umpresster Draht entspricht e. soliden Kupferdraht von	Fabriks-Nummer	Kupfer-Querschnitt	Ungefähre Länge einer Pressung
19 Drähte v. 2·75 mm entspricht einem soliden Draht v. 12 mm	16	12.2 mm	0·175 B.	113	250 m
19 Drähte 3·56 mm entspricht e. soliden Draht von 15·5 mm	20	15·7 mm	0·100 B.	188·7	190 m
19 Drähte 4·1 mm entspricht e. soliden Draht von 17·9 mm	23	18·1 mm	0080 B.	251·6	165 m
19 Drähte 5 mm entspricht e. soliden Draht von 21·8 mm	27·5	22·0 mm	0050 B.	373·25	135 m

Bleiumpresste Drähte von Siemens & Halske.

Durchm. d. Kupferdr. in Millim.	Kupfer-Querschn. in Qdmm.	Widerstand per 1000 m in S.-E.	Aeusserer Durchmes. in Millim.
1·0	—	30	
1·3	—	—	
1·5	—	13	
2·0	—	7	
2·25	4·0	5	4·25
2·5	5·0	4	4·5
2·75	6·0	3·25	4·75
3·05	7·0	2·75	5·25
3·56	10·0	2·0	5·75
4·1	13·2	1·5	6·25
5·0	19·6	1·0	7·25
7 Drähte à 2·25 1 Draht à 3·56	27·83	0·7	8·25

Durchm. d. Kupferdr. in Millim.	Kupfer-Querschn. in Qdmm.	Widerstand per 1000 m in S.-E.	Aeusserer Durchmes. in Millim.
9 Drähte à 2·0 1 Draht à 4·1	38·23	0·5	10·0
7 Drähte à 2·75 1 Draht à 5·0	54·76	0·35	12·0
8 Drähte à 3·05	78·06	0·25	13·5
19 Drähte à 2·75		0·175	16·0
19 Drähte à 3·56		0·100	20·5
19 Drähte à 4·1		0·080	23·0

Tabelle über Querschnitt und Widerstand der hauptsächlich gebrauchten Drahtsorten von Siemens & Halske.

Drahtsorte	Querschnitt in Quadrat-Millim.	Widerstand in S.-E. per Kilometer.
Kupferdraht:		
Nr. 750	44·2	0·41—0·45
» 650	33·2	0·55—0·60
» 550	23·8	0·76—0·84
» 350	9·62	1·9 —2·1
» 250	4·91	3·69—4·1
» 200	3·14	5·76—6·36
» 180	2·54	7·01—7·87
» 140	15·4	11·6—12·9
» 100	0·785	23·1—25·47
Bleikabel:		
Nr. 0175	113	0·175
» 0250	78	0·25
» 0350	54	0·35
» 0500	38·2	0·50
» 0700	27·8	0·70
» 1000	19·2	1·00
» 1500	13·2	1·50
» 2000	9·95	2·00
» 2750	7·31	2·75
» 3250	5·94	3·25
» 4000	4·91	4·00
» 5000	3·97	5·00
Bleikabelader Nr. 20	3·14	5·76
» » 15	1·77	13
» » 10	0·785	23·1
Kupferseil » 280*u*	30·87	0·58
» » 160*u*	16·76	1.1
Kupferlitze » 85	9·31	2·2
Guttapercha » 172	9·31	2·2
Ader » 70	3·1	7·6
Gummiader » *Ia*	0·78	24
» » *II*	1·54	11·6
» » *III*	1·54	11·6
» » *IV*	1·92	9·3

XXI. Kosten der Glühlampen-Beleuchtung.*)

Kohlenverbrauch per Stunde und Pferdekraft $3\frac{1}{2}$ kg, bei einem Kohlenpreis per 100 kg 60 Pf. Brenndauer einer Lampe im Durchschnitte mindestens 800 Stunden.

Preis einer Anlage mit:	60 L.	150 L.	250 L.
1. Ohne Dampfmasch. und Kessel	4400	9000	13.250
2. Mit » ohne »	6000	13.000	18.500
3. » » und »	8500	17.000	25.000

Bedienung und Schmiermaterial, rund etwa, bei 1 . . . 30 Pf. per St.
» » » » » » 2 . . . 40 » » »
» » » » » » 3 . . . 60 » » »

Amortisation und Zinsen.

Bei einer Brennzeit von 600—1000 Stunden per Jahr 10 Percent, über 1000 Stunden per Jahr 15 Percent.

Die Kosten per Lampe und Stunde setzen sich zusammen aus:

1. Verbrauch an Lampen (per Stück 5·00) . . . . 0·625 Pf.
2. Betriebskraft circa $\frac{1}{8}$ Pferdekraft per Lampe v. 16 Kerzen 0·263 »

Summa . . rund 0·9 Pf.

3. Bedienung, Schmiermaterial etc.

Bei einer Anlage mit:	60 L.	150 L.	250 L.
Ohne Dampfmaschine und Kessel . . .	0·5 Pf.	0·2 Pf.	0·12 Pf.
Mit » ohne » . . .	0·67 »	0·27 »	0·16 »
» » und » . . .	1·0 »	0·4 »	0·24 »

4. Amortisation und Zinsen.

Anzahl der jährlichen Brennstunden Z.

A. Für Z bis 1000 Stunden.

Bei einer Anlage mit:	60 L.	150 L.	250 L.
Ohne Dampfmaschine und Kessel	$\frac{733}{Z}$	$\frac{600}{Z}$	$\frac{530}{Z}$
Mit » ohne »	$\frac{1000}{Z}$	$\frac{867}{Z}$	$\frac{740}{Z}$
» » und »	$\frac{1417}{Z}$	$\frac{1138}{Z}$	$\frac{1000}{Z}$

*) Ist nur für den oben angenommenen Kohlenpreis giltig. Preise in Reichsmark respective Pfennigen.

B. Für *Z* über 1000 Stunden.

Bei einer Anlage mit:	60 L.	150 L.	250 L.
Ohne Dampfmaschine und Kessel	$\frac{1100}{Z}$	$\frac{900}{Z}$	$\frac{795}{Z}$
Mit » ohne »	$\frac{1500}{Z}$	$\frac{1300}{Z}$	$\frac{1110}{Z}$
» » und »	$\frac{2125}{Z}$	$\frac{1700}{Z}$	$\frac{1500}{Z}$

Demnach betragen die Kosten per Lampe und Stunde etwa:

1. Wenn Dampfmaschine und Kessel vorhanden:

	Bei einer Anlage von		
Anzahl der Brennstunden per Jahr	60 L.	150 L.	250 L.
600	2·6 Pf.	2·1 Pf.	1·9 Pf.
800	2·3 »	1·9 »	1·7 »
1000	2·1 »	1·7 »	1·6 »
3500	1·7 »	1·4 »	1·3 »

2. Wenn eine Dampfmaschine beschafft werden muss:

600	3·2 Pf.	2·6 Pf.	2·3 Pf.
800	2·8 »	2·3 »	2 »
1000	2·6 »	2 »	1·8 »
3500	2 »	1·5 »	1·4 »

3. Wenn Dampfmaschine und Kessel beschafft werden müssen:

600	4·3 Pf.	3·2 Pf.	2·8 Pf.
800	3·7 »	2·7 »	2·4 »
1000	3·3 »	2·4 »	2·1 »
3500	2·5 »	1·8 »	1·6 »

VII.

Anleitung.

Zur Ueberwachung von Einrichtungen, bei welchen elektrische Maschinen verwendet werden.

I. Allgemeines.

Die Einrichtungen mit elektrischen Maschinen bestehen meistens entweder in Beleuchtungs- und Kraftübertragungs-Anlagen oder in solchen für elektrolytische Zwecke. Bei allen spielen die elektrischen Leitungen zur Fortleitung des Stromes mit eine Hauptrolle. Es dürfte daher in einem Werke, welches, wie das vorliegende, die Unterhaltung und Reparatur der Leitungen behandelt, willkommen sein, auch einen kurzen Abriss über die vielfach zu obigen Zwecken in Gebäuden verwendeten Apparate und über die zugehörigen Einrichtungen zu finden, da beide mit einander so eng verknüpft sind.

Bevor wir jedoch näher hierauf eingehen, wollen wir zunächst die allgemeine Beschaffenheit der Maschinen betrachten. Wir unterscheiden vor allen Dingen zwei hauptsächlichste Arten:

I. Magnetelektrische Maschinen.
II. Dynamoelektrische Maschinen.

Zu den *ad I* genannten Maschinen gehören:

A. Wechselstrom-Maschinen ohne Commutator mit (wie bei Siemens und Lontin) durch eine Hilfsmaschine erregten Elektromagneten;

B. Gleichstrom-Maschinen (bis jetzt wenig im Gebrauch) mit Elektromagneten.

ad II:

A. Wechselstrom-Maschinen, z. B. die Lichtmaschine von Brush;

B. Gleichstrom-Maschinen:

a) Elektromagnete mit vollem Strom gespeist; mit Gramme'schem Ring, wie bei Gramme, Schuckert, Fein etc., mit v. Hefner'schem Drahtcylinder, wie bei Siemens etc.;

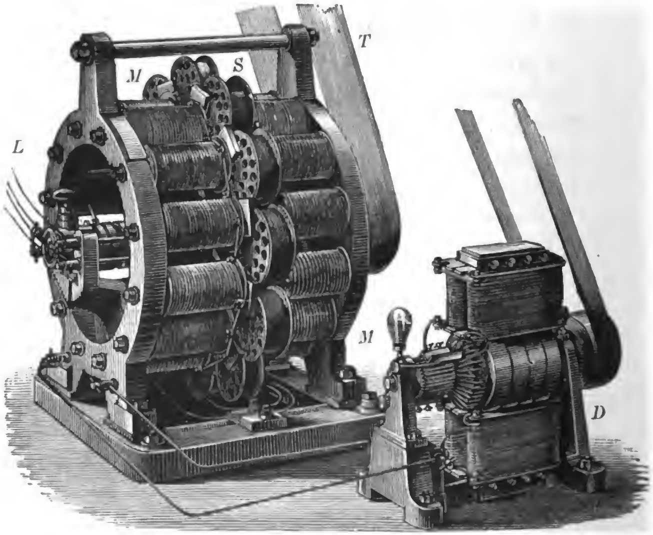
b) Elektromagnete mit Zweigströmen gespeist, wie bei Edison.

Zu den Maschinen letzter Art gehören auch vielfach diejenigen, welche als Compound-Maschinen oder solche mit gemischter Schaltung bezeichnet werden. Da es nicht möglich ist, alle diese Maschinen zu beschreiben, so wollen wir nur einige der am meisten angewendeten Arten kurz besprechen, und zwar sind dies z. B. die Wechselstrom-Maschinen von Siemens & Halske (unter *I. A.* aufgeführt) und die Gleichstrom-Maschinen der ersteren Firma, sowie die von Schuckert und Edison (unter *II. B.*), alle anderen Maschinen schliessen sich den genannten Systemen meist mehr oder weniger an, so dass man eventuell leicht bei analogen Constructionen sich zurechtfinden wird. Ausführlich beschrieben findet man die elektrischen Maschinen vieler Systeme in Bd. I d. Bibl.

Hier sollen nur diejenigen Constructionstheile besprochen werden, welche für den Betrieb von Interesse sind.

Die Wechselstrom-Maschine von Siemens &

Fig. 70.

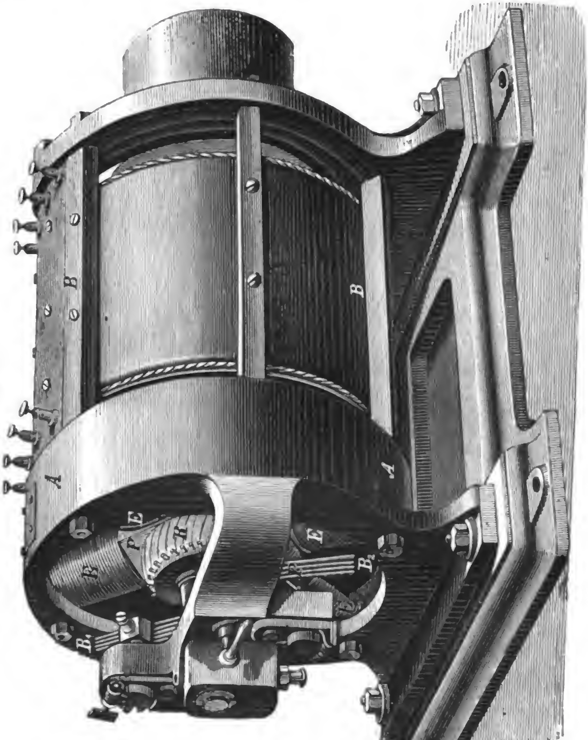


Halske ist übersichtlich und einfach construirt, wovon Fig. 70 eine Ansicht gibt.

D ist der dynamoelektrische Stromerzeuger, welcher die Magnete *M* der magnetelektrischen Wechselstrom-Maschine magnetisirt. Der Treibriemen *T* dreht die Spulenscheibe *S* zwischen den Magneten wechselnder Polarität schnell hindurch, der so entstehende Wechsel-

strom wird durch die Leitungen L den Lampen zugeführt.*)

Fig. 71.



Weit complicirter ist die Wechselstrom-Maschine von Gramme, welche in Fig. 71 abgebildet ist. Links

*) Man vergleiche auch die Beschreibung Bd. I dies. Bibl., S. 53.

befindet sich auf derselben Welle mit der Riemenscheibe der Gramme'sche Ring einer kleinen Dynamo-Maschine *A*, welche die Elektromagnete der Wechselstrom-Maschine *B*

Fig. 72 *a*.

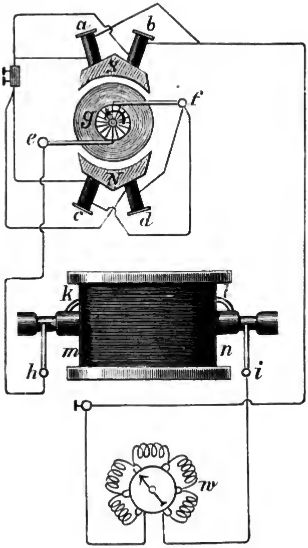
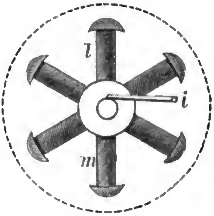


Fig. 72 *b*.



rechts magnetisirt. Der ziemlich complicirte Stromlauf einer derartigen Maschine in Fig. 72*a* ist einer solchen der früheren Société générale d'électricité entnommen, welche Verfasser gelegentlich reparirte. *a b c d* sind die Elektromagnete der Dynamo-Maschine, *g* ist der Gramme'sche Ring mit dem Stromabgeber, *e f* sind die Bürsten. Der

hier entstehende Strom geht durch den Drahtwiderstand *w* über *i* durch sechs speichenförmig angeordnete Elektromagnete *k l m n* (im Längsschnitt gezeichnet) und kehrt durch die Schleifbürste *h* über *e* zurück. Die sechs rotirenden Elektromagnete erzeugen in den dieselben umgebenden Drahtspulen durch ihre wechselnde Polarität Wechselströme, welche durch die Lampen circuliren.

Fig. 72 *c*.

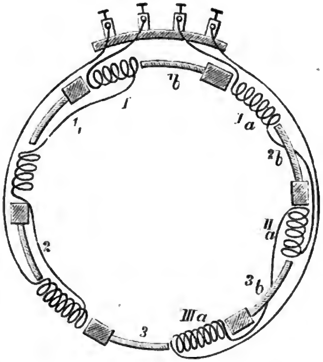


Fig. 72*a* zeigt die Maschine schematisch, die Magnete Fig. 72*b* im Querschnitt, während in Fig. 72*c* die Wickelung der Wechselstromspulen angedeutet ist. Die aus mehreren Holzstücken zusammengesetzte Holztrommel enthält 12 Spulen aus 1·4 mm (blank gemessen) starkem Drahte; je drei Spulen sind verbunden und endigen an einem Ende der Trommel, so dass dieselbe beiderseits je vier Klemmen enthält. Mit einer solchen Maschine kann man in Maximo acht Bogenlampen in

zwei, respective vier Stromkreisen zu zwei oder vier hintereinander geschaltet brennen.

Die Dynamo-Maschinen, welche die Wechselstrom-Maschinen magnetisiren, sind Gleichstrom-Maschinen und genau wie die für andere Zwecke eingerichteten Maschinen dieser Kategorie beschaffen; eine besondere Beschreibung derselben ist mithin entbehrlich, da sie im Folgenden ausführlich besprochen sind.

Die Gleichstrom-Maschinen der Kategorie *II. B.* liefern einen continuirlichen gleichgerichteten Strom, welcher in die Lampen etc. geleitet wird. Die Wirkungsweise jeder dynamoelektrischen Maschine beruht im Wesentlichen darauf, dass in einem in sich geschlossenen Elektricitätsleiter ein Strom entsteht, wenn ein Theil desselben zwischen zwei einander entgegengesetzten Elektromagnetpolen hindurchgeführt wird.

Die Richtung des entstehenden Stromes ist von der Lage der Magnetpole abhängig. Der Leiter, durch dessen Bewegung der elektrische Strom erzeugt wird, ist besponnener Kupferdraht, welcher in mehreren Stücken und vielen Windungen auf einen eisernen Kern so gewickelt wird, dass dessen äussere Oberfläche möglichst bedeckt ist.

Die dynamoelektrischen Maschinen nach dem System Siemens haben einen hohlen Eisenkern aus weichem Eisendraht, respective -Cylinder, der um seine Längsaxe rotirt, während diejenigen des Systems Schuckert einen Ring haben, welcher aus sechs eisernen Kreisscheiben mit Zwischenräumen zusammengesetzt ist, der um seine Mitte flach rotirt. Die anderen Systeme enthalten meist ähnlich construirte Drahtcylinder, respective Ringe.

Zu beiden Seiten wird dieser rotirende Drahtkörper von entsprechend geformten Eisenstücken umfasst, deren geradlinige Fortsätze zwei (oder mehr) mit den gleichnamigen Polen einander zugekehrte, hufeisenförmige Elektromagnete bilden.

Unter der Einwirkung der letzteren werden, während der Thätigkeit der Maschine, in den Eisenstücken links und rechts vom rotirenden Drahtkörper kräftige Magnetpole erzeugt. Der innere Eisenkern wird durch Induction auch zum Magneten, welcher den äusseren Polen stets die entgegengesetzte Polarität zukehrt.

Bei jeder Umdrehung des Drahtkörpers (vielfach auch Anker genannt) entstehen in jeder Drahtwindung, bei dem zweimaligen Durchgang zwischen den Magnetpolen, zwei Stromimpulse von einander entgegengesetzter Richtung.

Durch das Zusammenwirken dieser einzelnen, ihre Richtung wechselnden Stromimpulse, welche durch eigenthümliche Wickelung gleichgerichtet werden, entsteht ein continuirlicher, in seiner Richtung sich gleich bleibender elektrischer Strom. Derselbe wird von einem Stromabgeber, welcher einen Cylinder aus einer grossen Anzahl von untereinander isolirten Kupferplatten bildet, der auf der Welle sitzt und mit rotirt, aufgenommen, in die Schleifbleche (Bürsten) abgegeben und den Leitungen zugeführt.

Der so erzeugte Strom ist nach dem dynamoelektrischen Principe zur Verstärkung des in der Maschine nöthigen Magnetismus benützt, ein Vorgang, welcher beim Ingangsetzen der Maschine durch den im Eisen sehr schwach vorhandenen Magnetismus eingeleitet wird.

Eine jede Maschine, besonders eine solche, welche, wie die elektrischen Maschinen, hohe Tourenzahl (350 bis 2000) hat, bedarf immerhin aufmerksamer Wartung, die sich jedoch, bei einigem Verständniss für die Sache, meist sehr einfach gestaltet.

Von jeder elektrischen Maschine müssen lose Eisentheile, Schraubschlüssel, Hämmer etc. möglichst fern gehalten werden, weil dieselben bei dem starken Magnetismus solcher Maschinen (besonders bei denen, welche mit hoher Spannung, resp. Stromstärke, arbeiten, mit 300 bis 600 Volt) leicht in die rotirenden Theile gerathen und dieselben beschädigen können.

Vor Staub und Schmutz bewahrt man die Maschinen beim Nichtgebrauch am besten durch hölzerne Gehäuse, die man für den Betrieb abhebt. Der Metallstaub von den auf dem Stromabgeber schleifenden Bürsten (Metallblechen oder Pinseln) ist mit Borstenpinsel, respective Blasebalg täglich zu entfernen und eventuell aus dem rotirenden Drahtkörper herauszublasen. Damit dieses stets möglich bleibt und der Metallstaub nicht anklebt, ist das Schmieren der Lager und eventuell der Bürsten so behutsam zu bewirken, dass kein Oel zwischen die Drähte dringt.

Die Lager der Wellen sind stets sauber zu halten und nach Bedarf während des Betriebes gut zu schmieren, auch ist der Stromabgeber öfter abzuwischen mit reinem Lappen und darauf mit Oel (auf der Fingerspitze, respective am Lappen) ein wenig einzufetten, niemals aber wie ein Lager etwa zu ölen.

Die Bürsten, respective Klemmen der Maschine dürfen nicht durch Metalldrähte etc. direct kurz ver-

bunden werden, da hierbei die Stromstärke so gross werden kann, dass die Bespinnung der Drähte verbrennt. Die Klemmen sind nur mit den zu den Lampen führenden Leitungen zu verbinden und stets durch eine Kappe aus Holz, Gummi oder Leder vor unberufener Berührung zu schützen.

Alle elektrischen Maschinen erfordern eine sehr gleichmässige Rotation des Drahtkörpers, da Schwankungen in dieser, Stromschwankungen zur Folge haben, welche unruhiges Licht, respective unregelmässigen Gang einer elektrischen Kraftmaschine erzeugen. Nächst guter Regulirung des Motors ist daher auch auf richtige Spannung der Seile, respective Riemen zu achten, dieselben sind vor Beginn des Betriebes (wo man nicht direct mit dem Motor gekuppelte Maschinen, wie bei Dolgorucki, Abraham, Brotherhood, Armington und Sims, respective Friedländer, hat) auf Haltbarkeit und Spannung stets zu prüfen.

Die Schmiergefässe müssen fleissig nachgesehen und nöthigenfalls mit gutem Mineralöl (respective bei Tovote'schen Gefässen mit Mineralfett) versehen werden.

Hat ein Nachspannen des Riemens stattgefunden, so sind die Lager während des Betriebes zu befühlen, und wenn sie warm laufen, reichlich von Hand zu ölen.

Täglich, kurz nach Beendigung des Betriebes, sind Bürsten und Stromabgeber und deren nächste Umgebung, respective die Isolirung der Bürstenhalter von Staub und Fett sorgfältig zu reinigen, mit reinem Lappen abzureiben, blank und glatt zu machen. Ist der Stromabgeber nach längerem Betriebe rinnenförmig ausgelaufen, so wird derselbe mit einer Schlichtfeile geglättet

und mit Schmirgelpapier möglichst auf Hochglanz polirt oder eventuell abgedreht. (Eine sehr sorgfältige Reinigung hinterher ist absolut nöthig, Schmirgel wendet am besten nur der Fachmann an, damit kein kurzer Schluss im Stromabgeber entstehe.) Die Bürsten oder Schleifbleche sind stets bei den meisten Maschinen so weit vorzuschieben, dass sie 5 mm über die Stelle, auf der sie anliegen, am Stromabgeber hervorstehen, wie das in Fig. 73*b*

Fig. 73 *a*.

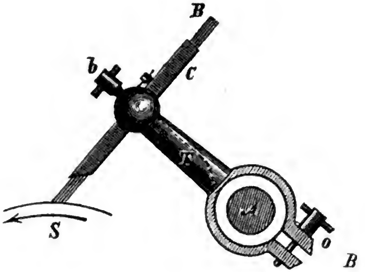
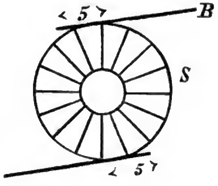


Fig. 73 *b*.

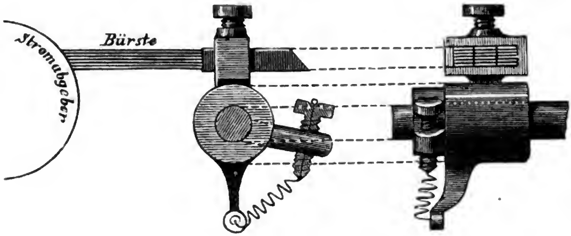


angedeutet ist. Die Stellung für Bürsten mit spitzem Angriff ist in Fig. 73*a* abgebildet. Die Bürste *B*, aus dünnen Kupferblechen hergestellt, welche am oberen Ende zusammengelöthet sind, stecken in der Messinghülse *C* und werden von der Schraube *b* festgehalten. Die Einstellung der Bürsten erfolgt in der Weise, dass man bei zurückgezogener Bürste zunächst auf dem Bolzen *A* des Bürstenträgers die Hülse *C* auf 1 mm dem Stromabgeber *S* nähert und mit der Schraube *o* festklemmt, alsdann schiebt man die Bürste in der Hülse

vor, so dass nach dem Anziehen der Schraube *b* die Hülse *C* etwa 5 mm vom Stromabgeber entfernt ist. Durch das Vorschieben der Bürsten wird zugleich die Blattfeder *T* angespannt, so dass die erstere sanft am Stromabgeber anliegt.

Eine Bürstenstellung eigenthümlicher Art hat die Edison-Maschine. Es findet hier zwar auch ein Spitzenangriff statt, wie Fig. 73*c* zeigt, jedoch stehen die Bürsten beinahe radial. Bei den grösseren Modellen sind

Fig. 73*c*.



ausserdem zwei Bürsten nebeneinander angeordnet. Jede Bürste besteht aus drei Bündeln feiner Kupferdrähte, welche in einer gemeinschaftlichen Blechhülse stecken. Man kann also auch während des Ganges der Maschine eine Bürste herausnehmen und durch eine andere ersetzen, ohne den Betrieb zu stören.

Maschinen, die für jeden Pol nur eine Bürste haben, gestatten nicht das Abnehmen derselben während des Betriebes.

Damit der Stromabgeber nicht so schnell rinnenförmig ausläuft, verschiebt man die Bürsten täglich ein

wenig, so dass eine mehr gleichmässige Abnützung stattfindet.

Sehr wichtig ist die Stellung der Bürsten in Bezug auf denjenigen Punkt, von welchem sie den Strom ableiten sollen. Es kommt hierbei auf einen Millimeter an. Diese Punkte sollen stets genau sich diametral gegenüber liegen. Bei vielen Maschinen darf daher die einmal richtig ermittelte Lage der Bürsten nicht durch Drehen des Bürstenträgers verändert werden, bei der Edison-Maschine jedoch ist die Stellung je nach der Lampenzahl in geringen Grenzen zu wechseln.

Hat eine Veränderung der Lager, respective eine Auswechselung des rotirenden Drahtkörpers stattgefunden, so ist darauf zu achten, dass derselbe die Elektromagnete nicht streift. Alle Schrauben der Maschine müssen fest sitzen, damit weder Theile sich unbeabsichtigt bewegen können, noch Drähte in den Klemmschrauben locker werden, wodurch das gute Functioniren der Dynamos gestört würde.

Sobald man aussergewöhnlich starke Funkenbildung zwischen Stromabgeber und Bürsten wahrnimmt, ist die Ursache stets eine metallische Verbindung (kurzer Schluss) in der Maschine selbst oder in den Leitungen, respective es hat eine nicht beabsichtigte Verminderung des Leitungswiderstandes der Lampen stattgefunden.

Der kurze Schluss an den Dynamos macht sich meist durch rund um den Stromabgeber sichtbares Feuer bemerkbar, welches daher rührt, dass die einzelnen Stromabgeber-Theile oder zugehörigen Schrauben durch feine Metalltheile in Berührung sind; directe Verbindung dieser Theile führt Zerstörung der rotirenden Drähte oder doch

ihrer Isolirungen herbei, was auch leicht eintritt, sobald die Maschine die vorgeschriebene Geschwindigkeit und somit die benöthigte Stromstärke überschreitet.

Soweit lassen sich die für verschiedene Zwecke verwendeten Maschinen gemeinschaftlich behandeln, und wollen wir jetzt die speciellen Einrichtungen betrachten.

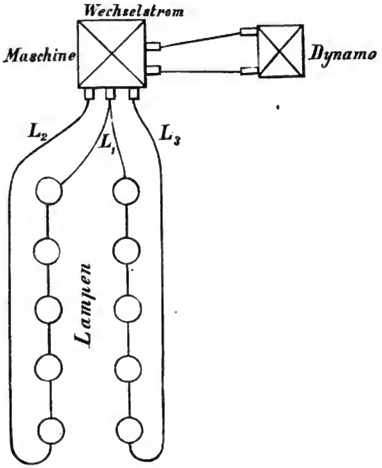
II. Das Bogenlicht.

Mit Ausnahme weniger Systeme (z. B. Gülcher) schaltet man die Bogenlampen hintereinander, d. h. die Leitung führt von der Maschine zur ersten Lampe und so fort durch jede nacheinander zur Maschine zurück. Jede Bogenlampe beansprucht circa 50 Volt (Gülcher 65 Volt) Spannung, so dass man also soviel Mal 50 Volt hat, als Lampen in einem Stromkreise brennen sollen. Je höher die Spannung ist, desto empfindlicher sind Berührungen der blanken Theile für den menschlichen Körper, desto eher kann die Isolirung der Maschinendrähte durchgeschlagen werden. Es ist daher vortheilhaft, eine nicht zu grosse Anzahl Lampen in einen Stromkreis zu schalten. Im Allgemeinen nimmt man 5—6, mitunter auch wohl bis 12 Lampen hintereinander. Bei 5 Lampen hat man also 250 Volt Spannung. Die Stromstärke richtet sich nach der zu erzielenden Helligkeit. Gewöhnlich gibt man 8—9 Ampère, mitunter auch 11—20 Ampère, darüber hinaus speist man selten mehrere Lampen von einer Maschine. sondern man richtet Einzellichter ein.

Fig. 74 zeigt einen Stromlauf mit Wechselstrom. Die eine Leitung L_1 ist allen Stromkreisen gemeinschaftlich, während als zweite Leitung für jeden Stromkreis ein besonderer Draht L_2 und L_3 vorhanden ist. Durch

diese eigenthümliche Anordnung ist man im Stande, von einer einzigen Maschine zahlreiche Lampen zu speisen, ohne die Spannung über 250 Volt zu vermehren, und das ist bei Wechselströmen, die an sich schon starke Schläge geben, sehr wesentlich.

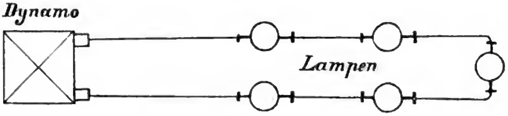
Fig. 74.



Für Gleichstrom ist der Stromlauf in Fig. 75 dargestellt. Hier dient die Maschine, welche beim Wechselstrom die Magnete der Wechselstrom-Maschine magnetisirt, direct zur Speisung der Lampen; beide Dynamos sind jedoch in ihrer Drahtwickelung nicht immer gleich; diese richtet sich stets nach Anzahl und Grösse der Magnete, respective nach Anzahl und Helligkeit der Lampen.

Es ist im Publikum eine weit verbreitete Ansicht, dass man eine beliebige Lichtmaschine für die verschiedensten Zwecke verwenden könne. Dies ist jedoch nur höchst selten der Fall. Gerade so wie man in der Telegraphie verschiedener Elemente bedarf, und diese nach Erforderniss hinter, respective nebeneinander oder in Gruppen schaltet, ebenso ist man zur Anwendung der verschiedensten Lichtmaschinen gezwungen, weil man zu verschiedenen Spannungen und Stromstärken für die mancherlei Zwecke auch verschiedene Grössen, respective Drahtwickelungen bedarf. — Der in obigen Maschinen

Fig. 75.



erzeugte Strom wird nach den Bogenlampen in 4—6 mm (je nach der Entfernung und Stromstärke) starken Drähten geleitet und gibt hier durch Ueberströmen zwischen Kohlenspitzen das bekannte hellstrahlende Licht. Für die gleichmässige Helligkeit und für ruhiges Licht ist besonders bei Gleichstrom (weniger bei Wechselstrom) nicht allein eine sehr gleichmässige Geschwindigkeit der Lichtmaschine nothwendig, sondern auch ebensosehr eine bestimmte gleichbleibende Entfernung der Kohlenspitzen, die man vielfach durch die sogenannten Differentiallampen erzielt.

In den meisten Bogenlampen wird durch Einwirkung des Stromes, welcher zwei Drahtspulen von verschiedenem Widerstande passirt und in denselben ein

oder zwei Eisenkerne, je nach dem Abbrennen der Kohlenstäbe, hin- und herdrückt, der Abstand der Kohlenspitzen regulirt.

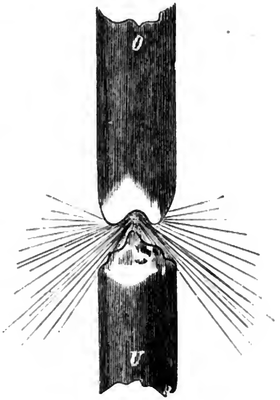
Das Ausschalten einzelner Lampen (durch einen Umschalter oder eine kleine Contactzange) auf kurze Zeit, behufs Auswechselung verbrauchter Kohlenstäbe, erfolgt ohne weiters, will man aber auf längere Zeit eine oder mehrere Lampen auslöschen, so sind dafür vermittelst eines Umschalters besonders hergestellte Drahtwiderstände aus Eisen- oder Neusilberdraht einzuschalten.

Sind mehrere Lichtmaschinen im Betriebe, welche man beliebig auf verschiedene Stromkreise schalten will, so bedient man sich hierzu eines General-Linienumschalters, in welchem man durch eingesteckte Stöpsel die Lampenstromkreise mit den verschiedenen Lichtmaschinen nach Bedürfniss beliebig verbinden kann. Zur Vermeidung von Irrthümern merke man sich, dass niemals zwei Stöpsel auf ein und derselben Schiene stecken dürfen.

Die Lampen sind so eingerichtet, dass bei zu grosser Entfernung der Kohlenstäbe (nach Verbrennen der Kohlenstifte) sich automatisch ein Contact schliesst, welcher dieselben ausschaltet, ohne den Kreislauf zu unterbrechen. Geschieht dies nun bei mehreren Lampen zugleich, oder ist die Regulirung der Kohlenspitzen mangelhaft, so kann die Maschine heiss werden und verderben, es ist also stets auf gutes Functioniren des Regulirmechanismus und auf genügend lange Kohlenstifte zu achten. Je nach ihrer Länge und nach der Geschwindigkeit der Maschine brennen die Stifte 4—12 Stunden. Für 8—9 Ampère verwendet man 8—11 mm, für

11 Ampère 11—12 mm, für 20 Ampère 12—14 mm, für 30—40 Ampère 16—20 mm, und darüber 25 mm starke Kohlenstifte. Die Längen der Stifte sind allgemein für Wechselstrom oben und unten 20, 29 und 35 cm, bei Gleichstrom oben 25, respective 38 und unten 15, respective 20 cm, je nachdem die Lampen für die verlangte Brennzeit eingerichtet sind.

Fig. 76.



Eine weitere Wartung erfordern die Lampen nicht, wenn man stets dafür sorgt, dass der Regulirmechanismus leicht beweglich ist, so dass die Oberkohle stets je nach dem Abbrennen nachgleiten kann.

Bei gleichgerichteten Strömen verzehrt der positive Pol die doppelte Länge der Kohlenstifte, als der negative, es ist daher besonders nach dem Abnehmen und Wiederaufhängen einer Lampe darauf zu achten, dass die Drahtklemmen auch richtig wieder mit den Leitungen verbunden werden. Man erkennt die richtige Einschaltung daran, dass die Oberkohle *O* rothglühend wird und sich aushöhlt, siehe Fig. 76, während die Unterkohle *U* nicht glüht und sich zuspitzt. Die Beobachtungen des Bogenlichtes sind stets mit einer ganz dunklen Rauchglasbrille zu machen, da sonst bei längerer Arbeit die Augen leicht leiden könnten.

Die gute Erhaltung der Isolation der Leitungen ist mit eine Hauptbedingung für gutes Functioniren jeder Beleuchtungsanlage.

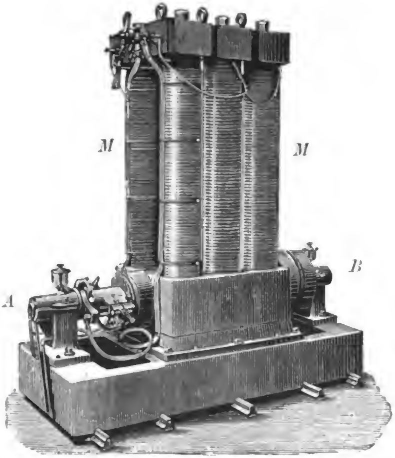
III. Das Glühlicht.

Zur Glühlichtbeleuchtung verwendet man fast allgemein Maschinen, welche circa 110 Volt Spannung und pro Lampe von 16 Normalkerzen 0·75—1·0 Ampère Stromstärke geben. Hier ist also, entgegen der Bogenlichtbeleuchtung, die Spannung constant, während die Stromstärke nach der Lampenzahl variirt. Abgesehen vom Wechselstrom, den man gleichfalls für Glühlicht verwenden kann,*) hat man hier zwei charakteristisch verschiedene Typen von Maschinen. Die einen bedürfen eines Regulators (Widerstandes), um die Stromstärke nach der

*) Die Verwendung der Wechselströme gestattet von ein und derselben Maschine (in der man Stromkreise von verschiedener Wirkungsart anlegt) Bogenlicht und Glühlicht zugleich zu betreiben. Z. B. bei einer Maschine mit 16 Inductionsspulen schaltet man 4 davon auf 6 Bogenlampen à 50 Volt bei 9 Ampère in einem Stromkreise und 12 für Glühlampen à 50 Volt auf Quantität in 3 Stromkreisen à 40 Lampen. Solche Maschinen haben zwar eine grosse Betriebssicherheit, erfordern jedoch im Verhältniss zum geleisteten Lichtquantum mehr Betriebskraft, als die Gleichstrom-Maschinen, bieten allerdings noch den Vortheil, dass die Kohlenbügel der Glühlampen gleichmässiger beansprucht werden, als bei Gleichstrom, die Lampen also länger halten; jedoch kann man das bei letzteren auch erzielen, wenn man täglich die Pole wechselt. Verfasser hat übrigens auch bei Gleichstrom über 2000 Brennstunden bei Edison-Lampen in grosser Zahl beobachtet, sobald nur sorgfältig auf eine gleichmässige Betriebsspannung von 98 Volt gehalten wird. Neuerdings kann man auch durch eigenthümliche Schaltung mit den Gleichstrom-Maschinen Bogen- und Glühlicht von einer Maschine zugleich erzeugen. Doch ist davon praktisch noch wenig Gebrauch gemacht.

Lampenzahl zu verändern, die anderen reguliren in sich die Stromstärke ohne weitere Hilfe. Zu der ersteren Art gehören alle Maschinen, bei denen die Magnete mit nur einer Drahtstärke bewickelt sind, zur zweiten Art zählen alle Maschinen mit gemischter Schaltung, welche man daher auch Compound-Maschinen nennt.

Fig. 77 *a*.



Zu den ersteren rechnet man vor allen die Edison-Maschinen und die älteren Maschinen von Schuckert; letztere werden von fast allen Fabrikanten des Continents gebaut. Fig. 77*a* und 77*b* zeigt die Edison-Maschine in Ansicht und Stromlauf für 450 16kerzige Lampen.*)

*) Ueber die Wirkungsweise der verschieden geschalteten Dynamomaschinen siehe Vortrag von F. Uppenborn, Zeitschrift für Elektrotechnik, 1884, S. 65. Wien.

Fig. 77 b.

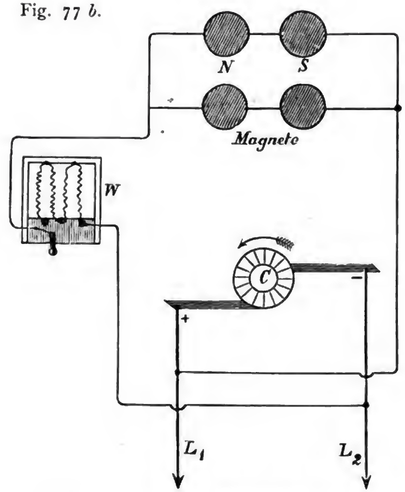


Fig. 77 c.

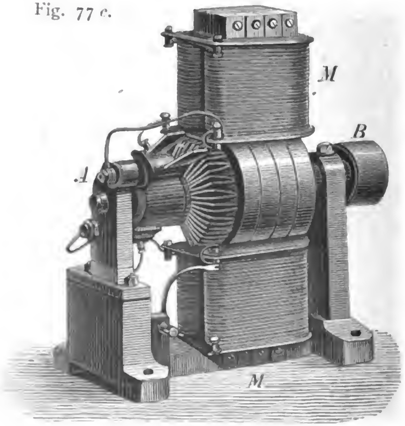
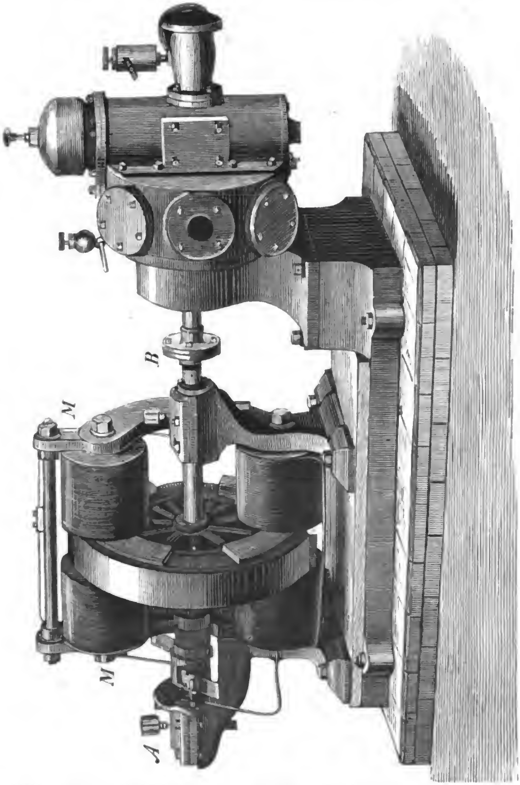


Fig. 77*c* gibt eine Ansicht einer Siemens'schen Maschine für 40 gleiche Lampen. *A B* ist (in beiden Figuren)

Fig. 77 *d*.

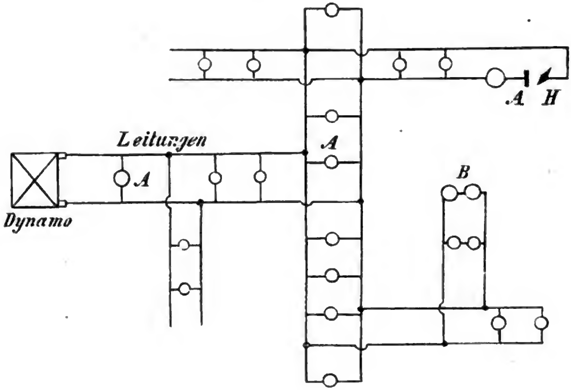


der rotirende Drahtkörper mit Stromabgeber und Riemscheibe, *M* sind die Magnete. Die Schuckert'sche Maschine

ist in Fig. 77 *d* abgebildet, mit denselben Buchstaben an den gleichen Theilen.

Die Unterschiede dieser drei Typen von Lichtmaschinen ergeben sich schon aus den Abbildungen. Siemens und Edison benützen einen lang gestreckten Cylinder für den Drahtkörper, während Schuckert die

Fig. 78.



Ströme in einem flachen Ringe erzeugt. Siemens und Schuckert lassen die Magnete auf den rotirenden Körper symmetrisch wirken, Edison dagegen mehr einseitig. Da die Wirkung einer Dynamomaschine grossentheils von der Gestalt und Eisenmasse der Elektromagnete abhängig ist, so zeigen diese drei Maschinentypen auch verschiedene innere Eigenschaften, auf welche einzugehen hier jedoch nicht der Ort ist.

Mit wenigen Ausnahmen schaltet man sämmtliche Glühlampen parallel, wie aus Fig. 78 ersichtlich; die Kreise bedeuten die Lampen; die mit *A* bezeichneten Lampen zu 100 Volt verbindet man direct mit den Leitungen, während die mit *B* bezeichneten zu 50 Volt zu zweien hintereinander liegen. *H* stellt einen Hahn schematisch dar, welcher dazu dient, die Leitung beliebig zu unterbrechen, um hierdurch einzelne Lampen oder Lampengruppen ausser Betrieb setzen zu können, respective anzuzünden.

Um die Erhitzung der Drähte und eine dadurch mögliche Feuersgefahr zu verhindern, schaltet man in die Leitungen an geeigneten Stellen Bleistreifen ein, welche so berechnet sein müssen, dass sie abschmelzen, ehe eine merkliche Erwärmung der Drähte eintreten kann. Um auch die Maschine selbst vor Zerstörung zu bewahren, bringt man beiderseits solche Bleieinschaltungen an, welche der Strom erst passiren muss, ehe er in die Leitungen geht. Ueberall da, wo die Drahtstärken wechseln, befinden sich solche Sicherheitsdosen. Die Dimensionen des Blei's (Querschnitt und freie Länge) richten sich nach der Anzahl der dahinterliegenden Lampen, respective nach den Drahtstärken; es ist daher beim Ersatz solcher Bleisicherungen stets darauf zu achten, dass man auch die richtige Dimension wieder einsetzt; ist das Blei zu schwach, so schmilzt es zu früh, ist es zu stark, so erfüllt es nicht seinen Zweck.

Die Leitungen werden mit solchem Querschnitte berechnet, dass sie höchstens 5—10 Percent der gesammten elektrischen Arbeit consumiren, ihre Stärken müssen jedoch so gewählt sein, dass jede Lampe gleich-

viel Strom erhält, in welcher Entfernung auch immer vom Generator sie sich befinden mag.

Die Isolation der Glühlichtleitungen soll ganz besonders vorzüglich sein. Man verwendet daher meistens besponnene Drähte, welche noch besonders auf ganz trockenem Holze oder auf Porzellanrollen befestigt werden, nirgends darf der Strom auch nur den geringsten Nebenweg durch Anliegen an feuchten Wänden oder Fussböden finden, und sollen die Drähte Metalltheile überhaupt nicht berühren.

Schmilzt an irgend einer Stelle der Bleistreifen einer Sicherung, so hat das gewöhnlich fehlerhafte Isolirung oder kurzen Schluss in den Lampen zur Ursache, man darf also in den meisten Fällen das Blei nicht ohne weiteres ersetzen, sondern es ist zuvor die Ursache der Schmelzung zu beseitigen. Es würde zu weit führen, wenn man alle möglichen Fälle hier aufstellen wollte, ein aufmerksamer Beobachter wird gar bald fähig sein, solche kleinen Uebelstände richtig und schnell zu beheben.

Bei Veränderungen von Lampen oder Ersatz von zerstörten Drähten auf Entfernungen von wenigen Metern nimmt man gerade diejenige Drahtstärke, welche bisher vorhanden war, verlöthet die Verbindungen gut, respective klemmt die Drähte an den Schrauben der Fassungen fest und umwickelt die Löthstellen mit Isolirband. Grössere Veränderungen dürfen ohne Specialtechniker nicht ausgeführt werden.

Es empfiehlt sich nach obiger Darstellung, die Leitungen fleissig zu revidiren oder doch wenigstens jedes Vierteljahr einmal eine gründliche Besichtigung vorzunehmen. Damit dies leicht ausführbar, bringt man die

Drähte möglichst so an, dass sie überall leicht sichtbar, oder etwaige Verkleidungen ohne Mühe zu entfernen sind.

Alle Bleieinschaltungen müssen auf derselben Leitung sitzen, falls sie ihren Zweck völlig erfüllen sollen.

Die Lampen sind bekanntlich aus luftleer gemachten Glaskörpern gebildet, in denen ein Kohlenbügel durch den Strom glüht und Licht ausstrahlt.*) Sie bedürfen keiner weiteren Wartung wie die Bogenlampen. Je nach der Spannung des Stromes, mit welchem sie betrieben werden, halten sie 600—1000 Brennstunden und länger aus. Nach Versuchen in der Lampenfabrik des Herrn Edison hat eine Lampe, welche stets den normalen Strom von 100 Volt erhält, durchschnittlich 1000 Stunden Lebensdauer. Hieraus folgt, dass man die Geschwindigkeit des Motors genau begrenzen muss, was leicht zu bewirken ist, wenn der Wärter neben der Maschine einen Spannungsmesser hat, an welchem er von Zeit zu Zeit das Arbeiten der Maschine beobachten kann.

Beleuchtungs-Anlagen, welche gute Glühlampen verwenden, jedoch keine hohe Lebensdauer derselben erzielen, betreiben die Lichtmaschinen mit zu grosser Geschwindigkeit. In Lampen, welche dauernd während des Brennens heftig erschüttert werden, springen leicht die Kohlenbügel, man muss daher für eine federnde Aufhängung Sorge tragen.

Beim Einsetzen von Lampen ist darauf zu achten, dass dieselben in den Fassungen reine, metallisch blanke

*) Ueber die Anfertigung der Glühlampen siehe die Mittheilungen des Verfassers in der elektrotechnischen Rundschau 1884, S. 57 und 70. Man findet hier nicht allein die Herstellung der Edison-Lampen, sondern auch die Constructionsunterschiede der verschiedenen Systeme.

und sichere Contacte erhalten. Eine lockere Lampe brennt mitunter gar nicht oder fällt leicht ab und zerschellt. Ist die Lampe richtig eingesetzt, sind die Leitungen und Bleischaltungen in Ordnung, brennt dieselbe jedoch nicht, so erhält sie keinen Contact in der Fassung oder der Hahn schliesst nicht den Strom.

Eine grössere Anzahl von Lampen löscht man am besten nicht plötzlich aus, sondern vergrössert allmälig den Leitungswiderstand durch eine besondere Vorrichtung und unterbricht dann erst. Ebenso soll das Einschalten vieler Lampen nicht auf einmal geschehen; der Magnetismus der Lichtmaschine wird hierdurch so plötzlich gesteigert, dass die nöthige Betriebskraft nicht gleich vorhanden ist, wodurch entweder die Helligkeit im Allgemeinen abnimmt oder der Treibriemen von der Scheibe springt.

Alle Umschalter, Ausschalter und sonstige Nebenapparate sind vor Staub und Feuchtigkeit in geeigneter Weise zu schützen und die Contacte derselben stets metallisch rein zu halten.

IV. Die Kraftübertragung.

Das von den elektrischen Maschinen und Leitungen oben Gesagte gilt auch hier, jedoch in erhöhtem Maasse, da solche Anlagen meist mit hoher Spannung von 300—600 Volt arbeiten. Wo eine stets gleichbleibende Kraftäusserung nöthig, stellt sich die Sache einfach, bei verschiedener Inanspruchnahme jedoch muss der Motor sehr gleichmässig den Stromerzeuger in Bewegung setzen, damit bei geringerem Kraftbedarfe die Geschwindigkeit

nicht überschritten wird.*) Dies gilt hauptsächlich von elektrischen Bahnen, bei denen unregelmässiger Gang der primären Maschine eine ungleiche Geschwindigkeit der Locomotive und somit Stösse etc. erzeugt. Curven und Weichen sind stets langsam zu durchfahren, hierzu ist jedoch die Einschaltung von Widerständen neben der Bremse, respective Frictionskuppelung zwischen dem treibenden Drahtkörper und den Laufrädern zu benutzen. Die Widerstände verderben hierbei nur, wenn sie nicht richtig abgepasst sind.

Die Primär-Maschine bedarf keiner weiteren Wartung, als jede andere Dynamo-Maschine, welche ohne Pause im Gange erhalten werden muss, es ist nur auf reichliche Schmierung der Lager, sowie auf gute Beschaffenheit des Stromabgebers und der Bürsten zu achten.

Die Locomotive erfordert etwas mehr Aufmerksamkeit in der Wartung. Die Wellen der Zahnradübersetzung und des Drahtkörpers müssen gut geölt sein. Die Zahnräder sind vor allen hindernden Gegenständen und vor heftigen Stössen zu bewahren; hauptsächlich muss man aber die vier Bürsten der Stromzuführung sauber in

*) Eine für Dynamo-Maschinen genügende Gleichmässigkeit erzielt man bei Dampfmaschinen in vielen Fällen hinreichend durch Dr. Proell's Regulator oder den Expansionsapparat von Voss & Maack, auch mit der von C. Hoppe ausgeführten Rider'schen Expansionssteuerung. Eine grosse Hauptsache für solche Maschinen und Transmissionen ist, dass die Schwungräder und Riemscheiben durchaus sorgfältig äquilibrirt und die Wellen, respective Lager, nicht zu schwach gewählt sind; dies gilt selbst für Zwillingsmaschinen. Gasmotoren müssen für solchen Betrieb stets zweicylindrig und mit zwei schweren Schwungrädern versehen sein; auch wendet man auf der Transmission ein federndes Zwischenglied an.

Ordnung halten, sie rechtzeitig beschneiden und vorschieben, sowie den Stromabnehmer reinhalten. Wenn man alle 2—3 Stunden die einzelnen Theile sorgfältig nachsieht, sobald es der Betrieb nur irgend gestattet, so gestaltet sich die Wartung der Locomotive auch ziemlich einfach.

Die Contacte an den Leitungen und die von diesen den Strom zur Locomotive führenden Drahtseile (resp. bei Stromzuführung durch die Schienen selbst, der Contact mit diesen und in ihren Laschenverbindungen) sind sorgfältig in bestem Zustande zu erhalten, damit keine Betriebsstörungen vorkommen, die durch Bruch der Zuleitungen oder schmutzige Contacte veranlasst werden könnten. Der Führer des elektrischen Wagens, respective der Locomotive, muss daher beim Wechseln der Fahrtrichtung die Leitungsseile zurechtlegen, damit sie sich nicht verschlingen. Die Beschaffenheit der Bremsvorrichtung ist auch täglich nachzusehen.

So einfach auch der Betrieb einer elektrischen Bahn an sich ist, gestaltet er sich doch wesentlich anders, als derjenige von Dampfwagen, und nur dann kann man auf ungestörten Betrieb rechnen, wenn man mit Sorgfalt und Liebe der Sache sich widmet.

Der vollständige Betrieb einer Fabrik auf elektrischem Wege durch eine entfernt gelegene Kraft (welche z. B. sonst ungenützt bleiben müsste) ist zwar noch sehr wenig eingerichtet, darf der Vollständigkeit halber hier jedoch nicht unerwähnt bleiben.

Im Princip gestaltet sich derselbe derart, dass die durch den Strom der Vordermaschine getriebene Hintermaschine ihre Kraft direct oder durch Riemen etc. auf

eine Transmissionswelle, resp. auf die Arbeitsmaschine überträgt. Man bedarf zweier räumlich von einander getrennter Maschinenwärter: der eine bedient die Kraft- und Vordermaschine, der andere die Hinter- und diverse Arbeitsmaschinen. Das Anhalten der Hintermaschine geschieht dadurch, dass man in den Stromkreis zunächst Widerstände einschaltet und dann denselben völlig unterbricht; das Anlassen ist in umgekehrter Folge zu bewirken. Die benöthigte Geschwindigkeit kann der Hinterwärter nicht direct herstellen, sondern er muss zum Beispiel telephonisch den Vorderwärter veranlassen, den Strom durch schnelleres oder langsameres Laufen der Vordermaschine zu verstärken, resp. zu schwächen. Benützung von Widerständen für diesen Zweck wäre Kraftvergeudung. Im Uebrigen ist nach der oben gegebenen Anweisung zu verfahren.

V. Elektrolyse.

Die elektrischen Maschinen und Leitungen für Galvanoplastik oder Zersetzung von Metalllösungen für andere Zwecke, z. B. für Zinkgewinnung, sind analog nach den allgemein gegebenen Vorschriften zu behandeln. Die den Strom zu den Bädern führenden Drähte sollen gut befestigt und von einander isolirt sein, alle Verbindungen müssen metallisch blank und innig erhalten werden. Die Kupferstangen über den Bädern muss man stets rein und durch trockenes Holz oder Hartgummi von einander isolirt erhalten, sie dürfen sich nicht berühren. Grösste Reinlichkeit in allen Dingen ist für gute Niederschläge ein Hauptерforderniss.

Der Strommesser ist öfter zu beobachten und der Stromregulator nach Bedürfniss einzustellen, damit bei den verschiedenen Füllungen der Bäder brauchbare Niederschläge erzielt werden.

Die Schaltung der Bäder, parallel, hintereinander oder in Serien hängt von der Beschaffenheit und dem Zwecke der Maschinen ab, sie ist nach den Angaben des Lieferanten auszuführen und nicht zu verändern.

Die Maschinen für obige Zwecke haben circa 1 bis 2 Volt Spannung und liefern bis 3000 Ampère, ihre Stromstärke richtet sich nach dem Metallquantum, das per Stunde ausgeschieden werden soll.

Durch Polarisation in den Bädern kommt es mitunter vor, dass die elektrischen Maschinen ihre Polarität ändern; die Folge davon ist, dass die Waare angegriffen und kein Metall auf ihr niedergeschlagen wird. Um diesen Uebelstand zu verhüten, baut man neuerdings die Maschinen so, dass sie zwei Stromabgeber und zwei Paar Bürsten erhalten. Der im rotirenden Drahtkörper entstehende Strom wird durch diese Vorrichtung von dem einen Paar Bürsten den Elektromagneten, von dem andern Paare den Bädern zugeführt. Die Umkehrung der Pole ist bei dieser Einrichtung nicht leicht möglich.

Viele galvanoplastische Anstalten benützen dieselbe Umtriebsmaschine zum Poliren der Metalle, als auch zum Betriebe der elektrischen Maschinen. Die Folge davon ist, dass je nach der Inanspruchnahme des Motors die Geschwindigkeit wechselt, was für gleichmässige Niederschläge nicht empfehlenswerth ist; man richte daher einen möglichst getrennten Betrieb ein, oder nehme sehr starke, gut regulirende Motoren.

VIII.

Die Anlage der Glühlichtleitungen nebst Zubehör.

Im XVI. Bande dieser Bibliothek konnte die Anlage der Glühlichtleitungen nur kurz berührt werden und die inneren Einrichtungen waren ganz ausser Acht zu lassen. Wenn nun auch im Anhange des vorliegenden Bandes hierauf mehr Rücksicht genommen ist, so fehlt doch eine übersichtliche Zusammenstellung aller einschlägigen Arbeiten, die füglich in den genannten Bänden verlangt werden kann. Der nachstehende Abschnitt soll diesem Mangel abhelfen.

Vorarbeiten.

Bevor man zu einer Beleuchtungsanlage schreitet, hat man (auch beim Bogenlicht) einige Fragen allgemeiner Natur zunächst zu erledigen, um festzustellen, ob die Beleuchtung mit elektrischem Lichte für den speciellen Fall auch rationell durchführbar ist oder nicht, ob die neue Beleuchtungsart sich billiger oder theurer als die alte stellen wird etc.

Die nachstehende Tabelle gibt eine schematische Uebersicht der hauptsächlichsten Punkte.

Fragen:

1. Welche Abmessungen haben die zu beleuchtenden Räume, respective Flächen, und wie liegen dieselben zu einander? (Neben- oder übereinander, respective sind sie von einander räumlich getrennt?)

2. Welche Beleuchtungsart wird zur Zeit benützt? (Gas, Petroleum oder beides zusammen?)

3. Was kostet die jetzt vorhandene Beleuchtung per Jahr? (Wie viel Kubikmeter Gas, wie viel Petroleum, Glocken, Cylinder, Dochte etc. werden per Jahr gebraucht und zu welchem Preise?)

4. Wie viel Räume werden zu gleicher Zeit erleuchtet; wie sind die Decken und Wände in Form und Farbe beschaffen?

5. Etwa vorhandene Zeichnungen, Situationsskizzen, Grundrisse sind vorzulegen, respective nach Möglichkeit anzufertigen.

6. Wie viel Flammen brennen des Nachts, und wie viel davon auch bei Tage; zu welchen Stunden am Tage, respective in der Nacht, bedarf man Licht, im Sommer, respective Winter?

7. Zu welchen Zwecken werden die Räume benützt; sind die Lichtwirkung hindernde Gegenstände (Säulen, Maschinen) in denselben vorhanden?

8. Ist Betriebskraft für Umtrieb von elektrischen Maschinen vorhanden, wie gross ist die Kraft und welcher Art? (Dampf-, Wasser-, Gas- oder Windmotor.)

9. Wie viele Pferdestärken sind von der vorhandenen Kraft noch ungenützt?

10. Wie viele Umdrehungen per Minute machen die vorhandenen Motoren, respective Transmissionen,

welche zum Umtriebe der elektrischen Maschinen dienen sollen?

11. Ist die Motorenanlage, das Vorgelege, respective sind die Treibriemen, Hanfseile mit zu liefern?

12. Wie gross ist der eventuell vorhandene Raum für die elektrischen Maschinen, wo liegt derselbe und wie weit ist er von den Strom consumirenden Orten entfernt?

Sind diese Vorfragen erledigt, so fertigt man z. B. nach folgendem Schema eine Nachweisung der benöthigten Gegenstände:

Bedarfsnachweisung.

1. Lampenzahl:

8 kerzige für schwaches Licht in Fabriken,
16 » » specielle Innenbeleuchtung,
32 » » allgemeine Aussenbeleuchtung,
falls nicht Bogenlicht vorzuziehen ist.

Ueber 32 Normalkerzen per Lampe pflegt man gewöhnlich nicht hinauszugehen, da eine Pferdekraft mit Gleichstrom circa 130 Normalkerzen, mit Wechselstrom circa 100 Normalkerzen Licht erzeugt, also auf jede Pferdekraft nur wenige Lampen zu erzielen wären.

2. Wie viele Lampen befinden sich in Fabriksräumen und wie viele sind mit Schutzglocken zu umgeben? Wie viele davon sind durch wasserdichte Schutzglocken (z. B. in Pulverfabriken) abzuschliessen? Wie viele Lampen davon sind einzeln zu löschen, respective anzuzünden?

3. Wie viele Lampen erhalten Milchglasschirme und Hähne, resp. Glasschalen, in Wohnungen, Comptoirs etc.?

4. Sind ganze Gruppen von Lampen zeitweise auszuschalten und wie viele in jeder Gruppe? (Siehe S. 19 dieses Bandes.)

5. Wie vertheilen sich die Lampen auf das Gebäude, Stockwerke und Räume, respective Flächen (gesondert nach ihrer Leuchtkraft)?

6. Wie viele Gehänge, Beleuchtungskörper sind nöthig?

a) Für Beleuchtung im Freien: Kandelaber, Console; sind dieselben zum Löschen einzurichten?

b) Fabriksgehänge: Wandarme, Deckenarme, Doppelarme, und wie lang jeder? Bewegliche Stehlampen, bewegliche Hand- und Wandlampen, und wie lang sind die Doppelleitungsschnüre dazu?

c) Comptoir- und Wohnungsgehänge: Wandarme, feste und bewegliche; Deckenarme, feste und zum Schieben, wie lang? Stehlampen, bewegliche. Kronen, wievielflammig, eventuell zugleich mit wie viel Kerzen, respective Gasflammen?

7. Was wird in den einzelnen Räumen getrieben, welche Räume sind feucht? (Wie z. B. in Färbereien, Erzwäschen, Ställen, Gährlocalen etc.) Für diese Räume sind wassersicher isolirte Leitungen zu berechnen und anzuwenden.

8. Welche Betriebskraft ist nöthig, wenn man im Allgemeinen acht 16 kerzige Lampen auf eine Pferdekraft zu nehmen hat?

Die Beantwortung der ersten zwölf Fragen genügt für einen generellen Kostenanschlag (siehe den S. 144 dieses Bandes), während die Bedarfsnachweisung schon einen specielleren Anschlag ermöglicht.

Den Bedarf an Leitungsmaterial ermittelt man am einfachsten aus einem möglichst genauen Plane, auf dem

man die Leitungen ungefähr einzeichnet und dann ausmisst.

Für generelle Ueberschläge rechnet man (oberirdische Leitungen) per Lampe 1—2 kg besponnene, feuersicher isolirte Drähte (s. d. auf S. 165 dieses Bandes). — Es soll hier nur von kleineren Beleuchtungsanlagen bis zu etwa 500 Lampen die Rede sein, welche der Hauptsache nach oberirdische Leitungen erhalten. Das Drahtquantum per Lampe richtet sich sowohl nach Grösse als Art der Anlage.

Die Motorenanlagen

sind ausführlich schon im XI., respective XXII. Bande dieser Bibliothek besprochen worden (siehe auch S. 179 und 197 dieses Bandes); sie gehören eigentlich hier auch nicht her, sollen jedoch kurz erwähnt werden, da sie ja zur Zeit für die Stromerzeugung noch unentbehrlich sind.

Die erste Frage wäre also, wie viel Kraft soll äussersten Falles erzeugt werden, welches System ist zu wählen? An Orten, wo die Kohle sehr billig ist, oder der aus den Maschinen abgehende Dampf noch anderen Zwecken dient (wie z. B. in den Papierfabriken zum Trocknen der Pappetafeln), wählt man sogenannte rotirende Maschinen, wie die von Abraham, Dolgorucki, Friedländer, Brotherhood oder Hodsons direct acting rotary engine, respective die Systeme von Porter-Allen oder Armington und Sims, welche alle die elektrischen Maschinen durch Kuppelung direct ohne Riemen zu betreiben gestatten.

Bedarf man Geschwindigkeiten von über 1000 bis 2000 Touren per Minute, so wächst der Verschleiss und Dampfconsum bei obigen Maschinen zu sehr, und

man thut dann besser, gewöhnliche Dampfmaschinen mit vom Regulator direct beeinflusster Präcisionssteuerung, eventuell eine Woolf'sche mit Condensation zu wählen, welche 70 bis 140 Touren per Minute macht und mit einem guten Regulator versehen ist (siehe die Anmerkung auf S. 197 dieses Bandes).

Für die Beschaffung der Umtriebsmaschine hat man folgende Fragen zu beantworten:

1. Was soll getrieben werden und mit welcher Kraft?

2. Welches System, Steuerung, Regulator?

3. Ist Condensation und Speisepumpe mitzuliefern?

4. Wie hoch ist das Kesselspeisewasser zu heben? (Grundwasserspiegel bis zur Oberkante des Pflasters des Maschinenraumes).

5. Wie viele Umdrehungen per Minute soll die Lichtmaschine, respective die Transmission machen, welchen Durchmesser und welche Breite haben die Riemscheiben und welche Umdrehungsrichtung soll das Schwungrad haben?

6. Zu welchen Zwecken ist der abgehende Dampf eventuell noch zu benützen?

7. Wie lang ist etwa die Dampfleitung vom Kessel bis zur Maschine?

8. Situation der elektrischen Maschinen- und Motorenanlage ist zu skizziren.

9. Wie hoch ist die Betriebsspannung in den vorhandenen Kesseln und welches ist der concessionirte Ueberdruck?

10. Wie viel Kesselheizfläche ist noch disponibel und nach welchem System ist der vorhandene Kessel gebaut?

Sind Dampfleitungen, Ausblaseleitung etc. mitzuliefern?

Die Beschaffung des Kessels macht eventuell noch folgende Fragen nothwendig:

1. Welche Heizfläche in *q* m soll der Kessel erhalten, wenn man per Pferdekraft für Steinkohle 2—1·2, für Braunkohle, Torf und Holz 2·5—1·6 qm bei 6 bis 100 H. P. Leistung rechnet; zu wie viel Pferdestärken also soll der Kessel dienen?

2. Welches Wasserquantum soll per Stunde verdampft werden?

3. Welches soll der höchste Ueberdruck sein?

4. Womit soll gefeuert werden?

5. Welches System ist zu wählen?

6. Welche Beschaffenheit hat das Kesselspeisewasser? Letzteres ist eventuell durch chemische Analyse festzustellen. Das Wasser soll hierbei geringen Rückstand, wenig organische Substanzen, Sulphate und Chloride enthalten. Zur völligen Beseitigung der Härte ist eventuell ein Zusatz von gelöschtem Kalk und Soda, oder reinem Aetznatron zu machen; das Quantum bestimmt die Analyse.

Sind alle diese Fragen bis ins kleinste Detail erwogen, so erfolgt die Bestellung der nöthigen Apparate und Materialien.

Nach des Verfassers eigener Erfahrung ergeben Turbinen ein sehr brauchbares, wenn auch nicht ganz ruhiges Licht; die Brauchbarkeit anderer Wasserräder muss jedoch bezweifelt werden, ein Schaufelrad würde z. B. beim Eintauchen jeder Schaufel ein Zucken des Lichtes erzeugen.

Von den Gasmotoren sind eincylindrige weder nach dem Otto'schen System, noch nach Körting zu brauchen; erstere sind zweicylindrig neuerdings mit Erfolg angewendet.

Für eine Gasmotorenanlage sind ausser der Gasmaschine noch erforderlich:

1. Gasleitung vom Hauptstrange bis zum Gasmesser.

2. Gasmesser, Gummibeutel, Hauptgashahn, Gasleitung zu den Entzündungsflammen.

3. Gasdruckregulator (wenn die Gasflammen im Gebäude sonst zucken).

4. Ausströmungsrohr für die Verbrennungsgase, Ausblasetopf.

5. Wasserleitung oder Kühlgefäss und Ansaugetopf, eventuell Wasserabfluss. Das abfliessende Wasser soll nicht wärmer als 60^0 R. sein. Die Rohrweite ist so zu wählen, dass wenigstens 50 Liter Wasser per Pferdekraft des Motors hindurchfliessen.

(Bei allen Motorenanlagen als auch für die elektrischen Maschinen sind eventuell die Fundamente und Anker mit zu veranschlagen.)

Per Pferdekraft rechnet man 1 kbm Gas. Die Weite der Gasrohre ist danach und nach ihrer Länge zu bemessen, und zwar z. B. auf:

H. P.	2	4	6	8		
auf 5 m Länge	20	26	34	34	mm	weit
» weitere 30 m	40	50	65	65	»	»

Das Zeichnen des Drahtplanes.

Für jedes Stockwerk stelle man ein besonderes Blatt her in gleichem Massstabe, so dass die Etagen aufeinander

gelegt sich decken. Hat man für die Lampen verschiedener Helligkeit und für die verschiedenen Beleuchtungskörper (verticale und horizontale etc.) verschiedene Signaturen sich festgesetzt, so zeichnet man zunächst in jeden Raum ungefähr an die richtige Stelle, z. B. mit kleinen Kreisen die Lampen ein und ermittelt danach den Tractus der Hauptleitungen von der Maschine nach den Hauptlampengruppen. Hierauf skizzirt man die Hauptabzweigungen nach den einzelnen Gebäuden und schliesst an diese die Abzweige zu den kleineren Lampengruppen an.

Die Bleisicherungen.

Man bilde möglichst viele Lampengruppen zu 5 bis 10 Stück, deren Abzweige je eine Bleisicherung erhalten (s. auch die Figur 78 auf S. 192 dieses, sowie S. 86 des XVI. Bandes dieser Bibliothek). Auf diese Weise vermeidet man es, dass jeder Lampenabzweig eine Bleisicherung erhält, was die Kosten und Arbeit bedeutend erhöht. Es ist auch ganz zwecklos, jede Lampe durch eine Bleieinschaltung schützen zu wollen, da bei einer Stromsteigerung die Lampen dann meistens viel eher zerstört werden, als die Bleistreifen. Sind letztere so gewählt, dass sie permanent eine gewisse hohe Temperatur haben, so würden sie zwar leichter als kalte Streifen schmelzen, haben jedoch dann nicht grosse Dauer und stören die Lichtabgabe durch unzeitiges Schmelzen. Schon diese praktischen Rücksichten zwingen dazu, die Bleisicherung nur so anzulegen und die Bleistreifen von solchen Dimensionen zu wählen, dass sie das Heisswerden der Leitungen verhindern, also bei kurzem Schluss abschmelzen, dadurch ein Glühendwerden der Drähte und etwaige Feuersgefahr

abwenden. — Bei der sehr verschiedenen Construction solcher Sicherheitsvorrichtungen lassen sich hier nur ganz allgemeine Regeln für deren Anbringung geben. Fast alle enthalten in einem Holz-, respective Porzellanblock einige Klemmen, in der Regel vier Stück, zwei für die durchgehenden Hauptdrähte und zwei für die Abzweige. Die metallische Verbindung von einem Drahte, respective beiden abzweigenden Drähten, mit den entsprechenden Hauptdrähten wird durch ein den Bleistreifen enthaltendes Zwischenglied hergestellt. Dasselbe besteht bei Edison aus einem Holzpfropfen mit kupfernen Contacten und Deckel, in welchem 1—3 runde Bleicompositionsdrähte eingelöthet sind.

Dimensionen des Bleidrahtes

nach Edison.

Es leitet den Strom für 16kerzige A-Lampen bei:

6	Lampen	Nr.	21 d. B. W. G.
9	»	»	19
12	»	»	18
15	»	»	16
25	»	»	14
35	»	»	13
60	»	»	11.

Bei mehr als 50 Lampen pflegt man jedoch schon zwei Bleidrähte von entsprechendem Querschnitte anzuwenden.

Je nach der Wichtigkeit der Anlage und der Leitungen und nach dem Grade der Feuersicherheit, den man zu erzielen wünscht, wendet man einpolige

oder zweipolige Bleieinschaltungen an, das heisst man sichert eine oder beide zusammengehörigen Leitungen die vom positiven und negativen Pole oder nur die positive Leitung.

Es ist Thatsache, dass der Gleichstrom die Kohlensubstanz des Kohlenbügels der Glühlampen von einem Pole zum andern transportirt und so den Kohlenbügel einerseits schwächt und eher zum Brechen bringt. Um dieses zu hindern, empfiehlt sich unter Umständen ein öfterer Polwechsel. Da nun aber, wie es scheint, die Bleistreifen am positiven Pole eher als am negativen schmelzen, so ist in jeder Hinsicht die alleinige Anwendung bipolarer Bleieinschaltungen anzurathen. Ihre Anzahl lässt sich ja durch Gruppenschaltungen auf ein Minimum bringen, so dass der höhere Preis gegen die unipolaren beinahe ausgeglichen wird.

Sicherheitsschaltungen

nach Edison.

1. Zwischen Strassen- (Netz-) und Hausleitung (respective an der Maschine).

Nr. 975. Für 1—150 Lampen in einem Metallgehäuse mit Bleistöpsel dazu.

» 5042. Mit Stöpselausschalter ohne Bleieinschaltung, je nach Anzahl der Lampen.

» 3160. Mit Stöpselumschalter und Bleistreifen bis zu 100 Lampen.

2. Für Hauptleitungen:

Nr. 965. Bipolar bis zu 30 16kerzigen Lampen.

» 960. » » » 100 » »

3. Für Zweigleitungen:

Nr. 184. Unipolar bis zu 30 16kerzigen Lampen, rund.
» 186. » » » 30 » » quadratisch mit geraden Drahtnuthen.
» 186½. Unipolar bis zu 30 16kerzigen Lampen mit krummen Drahtnuthen.
» 935. Bipolar bis zu 30 16kerzigen Lampen mit geraden Nuthen.
» 945. Bipolar bis zu 30 16kerzigen Lampen mit krummen Nuthen.
» 930. Bipolar bis zu 100 16kerzigen Lampen mit geraden Nuthen.
» 940. Bipolar bis zu 100 16kerzigen Lampen mit krummen Nuthen.
» 192. Bipolar für beliebig starke Bleidrähte mit oblongem Schutzkasten.

4. Für einzelne Lampen Nr. 5011—5014 von verschiedener Gestalt. Dieselben wendet man meistens nur da an, wo einzelne Lampen direct von der Hauptleitung abzweigen, oder wo viele Lampen in einer Krone vereinigt sind. Letzteres ist nöthig, damit nicht kurzer Schluss in einer oder mehreren Lampen, respective an deren Contacten das Hauptblei für die ganze Krone zum Schmelzen und dadurch alle Lampen derselben zum Verlöschen bringt.

Die Sicherheitsvorrichtungen von Siemens und Halske enthalten den Bleistreifen in einem Glasröhrchen, welches so in einem Gypspfropfen fest vergossen ist, dass die Luft noch hineintreten kann. Bei völligem Luftabschluss schmilzt nämlich sonst, selbst bei richtiger

Dimensionirung, das Blei. Die Bleieinschaltungen und Gypspfropfen sind so eingerichtet, dass nur der vorher bestimmte Pfropfen hineinpasst, ein falscher Bleistreifen also selbst von Laien absolut nicht eingesetzt werden kann. Auf jeder Dose steht die Nummer des in derselben befindlichen Pfropfens oben auf; ein zu schwacher oder zu starker Bleistreifen kann also nicht ohne weiteres wie beim System Edison Verwendung finden. Die sehr sinnreiche Vorrichtung, welche diesem Zwecke dient, besteht darin, dass auf einer der Klemmen des Holzblockes eine dreikantige Nase sich befindet, welche je nach der Nummer des Bleistöpsels, also nach der Stärke des Bleistreifens, bei der Montage eine andere Stellung erhält. Entsprechend diesen Nasenstellungen haben die betreffenden Gypspfropfen Vertiefungen, welche nur immer einer bestimmten Stellung entsprechen.

Edison erreicht dies zwar zum Theile auch durch verschiedene Grösse der Bleistöpsel, hat jedoch nicht für jede Bleistärke andere Dimensionen, da sonst ja die Gewinde der Holzblöcke auch sehr verschieden weit sein müssten.

Die Stärke und Länge der für die verschiedenen Anlagen anzuwendenden Bleistreifen berechnet man sicherer nicht nach der Lampenzahl, sondern nach der Drahtstärke, also nach der Stromstärke, für welche die betreffenden Leitungen bestimmt sind. Als Anhalt für die Berechnung der Stromstärken etc. in den verschiedenen Lampengruppen mögen die nachstehenden Angaben über einige Lampensorten dienen:

Glühlampen.

Lampen- System	Type	Stromstärke Ampère	Spannung Volt	Bei Lichtstärke N.-K.	Braucht Volt-Ampère	Widerstand heiss Ohm
Edison	*A*	0·79	105	16	73	140
»	*B*	0·79	52·5	8	40	70
Siemens & Halske	*II*	0·52	105	12	52	200
»	*IV*	0·75	105	16	73	140
»	*VI*	1·25	105	25	117	85
Gebrüder Siemens	—	0·9	105	20	96	130
Swan	—	1·34	47	15	66	35

Die neueren Edison-Lampen haben etwas andere Eigenschaften und werden bis zu 107 Volt Spannung (bei der entsprechenden Lichtstärke) fabricirt, der Vollständigkeit halber mögen auch diese hier noch aufgeführt werden.

Edison-Glühlampen.

Type	Lichtstärke in Normalkerzen	Widerstand heiss in Ohm	Stromstärke in Ampère	Spannung in Volt
A	10	208	0·49	102
»	16	137	0·745	102
»	16	140	0·747	105
»	16	121	0·828	100
»	16	103	0·92	95
»	32	96	1·11	107
B	8	69	0·745	51
»	16	42	1·2	51

Man rechnet etwa 6 Ampère Stromstärke auf 1 qmm Bleiquerschnitt und bis zu 3 Ampère 0·5 qmm bei 25—30 mm Länge; für grössere Stromstärken nimmt man 40—50 mm freie Länge des Bleistreifens. Genau calibrirte und genügend lange Streifen kann man nur mit Hilfe genauer mechanischer und elektrischer Messungen erzeugen. Man ist also in der Praxis stets auf die Fabriken angewiesen und kann nicht ohne solche Hilfsmittel die Bleisicherungen selber erzeugen.

Sind die Bleisicherungen richtig angefertigt, werden sie auch in verständiger Weise angewendet, so bieten sie allerdings einen fast absoluten Schutz gegen Feuersgefahr durch Erhitzen der Drähte.

Die Berechnung der Leitungen.

Ist der Drahtplan endgiltig festgestellt, hat man sich definitiv entschlossen, ob man nur eine Hauptleitung oder sternförmig mehrere anlegen will, welche von der Maschine nach den entferntesten Lampen führen, so bestimmt man, von der letzten Lampe (hinten) anfangend, von Abzweig zu Abzweig die Anzahl der Lampen und die Länge der Drähte für die hinterste Gruppe, dann die Länge der Hauptleitung von dieser letzten Gruppe bis zum vorhergehenden Abzweig.

Der Querschnitt der zugehörigen Leitungen berechnet sich entweder am einfachsten nach der auf S. 165 gegebenen Formel:

$$q = \frac{n \times m}{c}$$

oder man wendet die Methode von Thomson an, welche auf S. 77 etc. des Kalenders für Elektrotechniker

von Rohrbeck, Berlin 1884, zu finden ist. Der Kalender enthält einige Hilfstafeln für diese Berechnung, der Verlust beträgt jedoch bei dieser Art zu rechnen etwa 10 Perc. der aufzuwendenden Arbeit, das dürfte also für viele Fälle nicht rationell erscheinen. Als Control-Rechnung ermittelt man noch die Drahtstärken auf Grund des Widerstandes dieser und der Lampen.

Soll z. B. eine Lampensorte verwendet werden, welche heiss 140 Ohm Widerstand hat, und will man etwa 10 Perc. Verlust gestatten, so müssen die Leitungen den zehnten Theil des Widerstandes aller Lampen (der Gruppe, respective der Anlage) erhalten, also hätten wir z. B. bei 140 Lampen in Parallelschaltung den Leitungen 0·10 Ohm Widerstand zu geben. Beträgt die Entfernung 250 m, die Gesammtdrahtlänge also 500 m, so finden wir auf Seite 152 dieses Bandes, dass hierzu der Kupferquerschnitt eines etwa 10·5 mm starken Drahtes erforderlich wäre, oder nach der Edison'schen Rechnungsweise 87·5 qmm Kupferquerschnitt, was mit den Angaben auf Seite 150 dieses Bandes ungefähr übereinstimmt.

Ganz genau kann man sich an die berechneten Querschnitte, respective Widerstände nicht halten, da man stets auf die vorhandenen, respective gangbaren Drahtstärken Rücksicht zu nehmen hat. Ergibt die Rechnung Drahtstärken über 7·5 mm, so wählt man bis zu 10 mm Stärke, anstatt eines massiven Drahtes 1 bis 3 von entsprechender Stärke, darüber hinaus ist Kupferseil besser zu handhaben (siehe hierüber auch Seite 45 dieses Bandes). Drähte unter 0·9 mm Stärke sollten überhaupt nicht Verwendung finden.

Die zahlreichen Drahttabellen dieses, als auch des XVI. Bandes dürften für obige Rechnungen willkommen sein.

Eine möglichst genaue Anfertigung der Drahtpläne kann nicht dringend genug empfohlen werden, damit der die Anlage ausführende Monteur in der Lage ist, möglichst wenig von den gegebenen Directiven abzuweichen, wodurch viele Weiterungen und Missstände vermieden werden.

Zuweilen wird es nöthig sein, für eine eventuelle spätere Vermehrung der Lampen einzelne, respective die Hauptleitungen stärker zu wählen, als für die augenblickliche Anlage erforderlich wäre; um nun bei solchen Erweiterungen leicht später übersehen zu können, wie viele Lampen noch an jede Leitung angeschlossen werden dürfen, ohne dadurch eine Beschädigung derselben oder zu schwaches Licht zu erzeugen, fertigt man am besten für jede Anlage eine Nachweisung, die etwa folgende Rubriken erhält:

Nachweisung.

1. Ort, wo sich die Lampen befinden.
2. Berechnung der Drahtstärken.
3. Leitungsquerschnitte in Quadrat-Millimeter.
4. Drahtsorten, feuersicher, wassersicher, blank.
5. Längen der verschiedenen Drahtnummern von Nr. 3 bis Nr. 20 der B. W. G.
6. Sicherheitsschaltungen.
7. Umschalter.
8. Lampenfassungen.
9. Lampen zu 8—32 Kerzen etc.
10. Besondere Bemerkungen und Materialien.

Sind auf Grund obiger Anleitung die Drahtstärken der hintersten Gruppe berechnet, so geht man zur nächsten Gruppe über und addirt für die Hauptleitung derselben die Lampenzahl der letzten Gruppe. In dieser Weise schreitet man fort, bis man an die Lichtmaschine gelangt ist.

Sind mehrere Hauptleitungen vorhanden, welche direct von der Maschine abzweigen, so ist bei jeder in gleicher Weise zu verfahren.

Die berechneten Drahtlängen und Stärken reducirt man auf Gewicht und stellt danach den Kostenanschlag respective den Bedarf fest.

Für Kostenanschläge zu kleineren Anlagen wurde schon auf Seite 144 dieses Bandes ein Schema gegeben, ein solches zum generellen Anschlag einer Centralanlage für mehrere tausend Lampen möge hier noch folgen, um wenigstens eine Idee von dem Bedarfe zu geben, da vorläufig nicht Viele in die Lage kommen dürften, derartige Anlagen auszuführen:

Schema zum Kostenanschlage für eine Centralstation zur Glühlichtbeleuchtung:

a) 1. Dynamomaschinen à 1000 16kerzige Lampen, direct mit dem Motor gekuppelt.
2. Maschinenumschalter, um jede Dynamomaschine und jeden Regulator auf den Versuchs- oder Hauptstromkreis zu schalten.
3. Stromregulatoren.
4. Hauptbleischaltungen.
5. Galvanometer.
6. Versuchsbatterie für 1000 16kerzige Lampen.

7. Umschalter für die Versuchsbatterie.
8. Drahtleitungen zwischen den Dynamomaschinen, Regulatoren, Umschaltern und der Versuchsbatterie.

b) Speise- und Netzleitungen als Kabel in den Strassen, mit den zugehörigen Anschlüssen und Abzweigungen inclusive Verlegen.

c) 1. Liegende Dampfmaschinen, jede von 125 H. P. zum directen Antrieb der obigen Lichtmaschinen.
2. Wasserrohr-Dampfkessel für 10 Atmosphären, Ueberdruck mit completer Armatur und Garnitur.
3. Dampfpumpen und Injecteure, Wasserpumpen, Vorwärmer, Rohre und Armaturen für die Dampf- und Wasserleitungen.

d) Montage der Maschinen, Kessel- und Pumpen, Transporte etc.

e) Fundamente für Maschinen, Kesseleinmauerungen etc. Schornsteine, je 40 m hoch, Gebäude, Brunnen.

In den meisten Fällen wird eine Berechnung der Betriebskosten von den Bestellern einer Beleuchtungsanlage verlangt und hievon, abgesehen von den sonstigen Vorzügen, welche das Glühlicht bietet, die Ausführung der Anlage abhängig gemacht, das heisst von dem Verhältnisse der Kosten des Glühlichtes zu denen der bisherigen Beleuchtungsart. Einigen Anhalt für die Kosten des Glühlichtes gewährt schon die Tabelle auf Seite 168 dieses Bandes; nehmen wir zur Verdeutlichung einer solchen Rechnung noch folgendes Beispiel:

Es ist eine Zuckerfabrik mit 100 Lampen zu beleuchten, welche pro Campagne 1700 Brennstunden hat die Steinkohlen kosten per Ctr. 50 Pfg. Es betragen:

Die Anlagekosten:

Elektrische Einrichtung	6000	Mark
Dampfmaschine	2000	»
Summa . . .	8000	Mark

Die Betriebskosten:

15perc. Amortisation und Zinsen	1200·00	Mark
Lampenverbrauch $1700 \times 100 \times {}^{5}/_{8}$ Pfg. . .	1062·50	»
Kohlenverbrauch für 13 H. P. $\times$ 7 Pfd. und $\times$ 1700 Stunden = 1547 Ctr. à 0·50 Mark . .	773·50	»
Schmieröl, Bürsten, Bedienung, 120 Tage à 2·50 Mark . . .	300·00	»
Summa . . .	3356·00	Mark
Amortisation der Reserven . .	64·00	»
rund Summa . . .	3400·00	Mark

oder per Lampe und Stunde 2 Pfg.

Die Tabelle auf Seite 168 ist in analoger Weise berechnet. Dem Lampenverbrauch liegt die Annahme zu Grunde, dass eine Glühlampe von 16 N.-K. 5 Mark kostet und mindestens 800 Stunden Lebensdauer erreicht, woraus sich also pro Stunde und Lampe ${}^{5}/_{8}$ Pfennige ergibt.

Die Montage.

Der die Beleuchtungseinrichtung ausführende Monteur erhält eine auf Leinwand gepauste Copie des Drahtplanes, in welchem die zu verwendenden Drahtsorten und Stärken durch Nummern, respective Abkürzungen deutlich eingetragen sind.

Blanke Kupferdrähte verwendet man nur im Freien und zwar auch nur da, wo eine Berührung von Menschenhand, respective durch den Strom leitende, metallene Gegenstände ausgeschlossen ist, andernfalls sind Drähte mit dem Wetter widerstehenden Isolirungen (imprägnirten Gespinnsten etc.) zu nehmen. Guttaperchaadern halten sich in freier Luft nur dann, wenn sie sehr sorgfältig mit imprägnirtem Band bewickelt und mit getheerter Jute beklöppelt sind; ohne diesen Schutz wird die Guttapercha sehr bald rissig und brüchig.

Will man der Billigkeit halber auch blanke Leitungen in gedeckten Räumen gebrauchen, so sind dieselben entweder vollkommen durch Holzverkleidungen zu überdecken oder in feuchten Räumen, wo dies nicht zulässig ist, auf Porzellan-Isolatoren so zu führen, dass Berührungen möglichst ausgeschlossen erscheinen.

In bedeckten Räumen sollte man jedoch stets besponnene Leitungen verwenden.

Es ist der Technik bis jetzt noch nicht gelungen, die Bespinnung der Drähte zugleich feuer- und wassersicher herzustellen. Man ist also gezwungen, für die verschiedenen Zwecke zwischen beiden Drahtsorten zu wählen oder, wo es Schönheitsrücksichten nicht verbieten, den feuersicher isolirten Draht noch auf Porzellan-Isolatoren, respective Rollen, auch gegen feuchte Ableitungen zu schützen. In Fabriken ist das letztere unter allen Umständen zu empfehlen, weil man dadurch die grösstmögliche Sicherheit gegen betriebstörende Einflüsse erlangt.

Die isolirenden Porzellanköpfe, respective Rollen, lassen sich sehr leicht durch eiserne Schellen an Rohr-

leitungen, Säulen oder auf Holzplatten mit Schrauben solid befestigen.

Die Leitungen sollen in ihrer ganzen Länge weder Metalltheile noch sonstige Theile berühren, die irgendwie auch nur vorübergehend feucht werden könnten, überall sollen sie durch Porzellan- oder Gummiunterlagen davor geschützt werden.

Es wird so häufig gegen dieses erste Princip einer guten Installation gesündigt, dass man den Monteuren dies nicht genug zur strengsten Vorschrift machen kann. Wo die Drähte z. B. um den hölzernen Balken einer Decke gehen, sind vor allen Dingen auch an den Balkenkanten Porzellanrollen zu befestigen, denn in vielen Fällen genügt es nicht, wenn im Uebrigen die Drähte gut isolirt sind, an den Kanten aber am Holze aufliegen.

Ein sehr beliebtes, weil billiges und bequemes Befestigungsmittel sind kleine eiserne ∩förmige Drahtklammern. Für schwache Drähte oder auf feuchten Holztheilen sollte man sie jedoch niemals gestatten. Entweder wird beim Einschlagen derselben die Isolirung des Drahtes oder dieser selbst beschädigt oder auch gebrochen, und auf feuchtem Holze bewirken die tiefer eindringenden Eisenklammern die absolut zu vermeidenden Stromableitungen erst recht.

Für viele Zwecke genügen Holzklammern verschiedener Grösse mit entsprechenden Ausschnitten je nach den Drahtstärken, welche je nach ihrer Länge mit ein bis zwei Schrauben befestigt werden. Sollen die Drähte nicht an den Wänden anliegen, so legt man unter die Holzklammern noch schwache, gleich grosse

Leisten unter, so dass die Drähte zwischen beiden festgeklemmt sind.

Die Leitungen lege man möglichst hoch die Wände entlang (nicht etwa dicht über den Fussboden), damit sie möglichst wenig zugänglich sind und nicht leicht beschädigt werden können. In Wohngebäuden schützt man sie vor Beschädigungen am allerbesten dadurch, dass man sie auf der oberen Borte der Tapeten an Holzleisten befestigt und der ganzen Länge nach mit solchen bedeckt. Durch Ueberkleben oder Bemalen entzieht man die Verkleidungen auch sehr leicht dem Auge, so dass das schöne Aussehen der Zimmer kaum gestört wird.

In neu zu erbauenden Häusern kann man auch die Leitungen unter die Dielung verlegen, indem man nach Aufbringen des Windelbodens, respective der Zwischendecke, starke, circa 15 cm breite Leisten streckt, die Drähte in darin gehobelten Nuthen festnagelt oder mit schwachen Lederstreifen anschraubt und mit Holzleisten eindeckt. Die Dielung ist nach dem Verlegen der Leitungen dann so einzurichten, dass die Hauptzweige in ihrer ganzen Länge, die Abzweige wenigstens an den Enden durch kleine Klappen zugänglich sind. Vor Allem müssen über den Bleischaltungen sich Oeffnungen befinden, damit man die Bleistreifen nöthigenfalls auswechseln kann. Die Klappen dürfen sich nicht verziehen oder werfen und müssen gut schliessen, damit beim Reinigen des Fussbodens keine Feuchtigkeit hindurchdringt.

Die Leitungen in jeder Decke dienen zur Beleuchtung des darunter liegenden Stockwerkes.

An den Stellen, wo Kronen, Deckenarme oder Anschlüsse für bewegliche Lampen etc. angebracht werden sollen, befestigt man zwei Messingklemmen, in welche man die Enden der abgezweigten Drähte verlöthet.

Die in die Beleuchtungskörper zu den Lampen führenden Drähte werden durch Schrauben mit den entsprechenden Deckenleitungen verbunden. Auf diese Weise wird Drahtbrüchen der unzugänglichen Strecken möglichst vorgebeugt. Obige Art, die Leitungen verborgen anzubringen, möchte Verfasser jedoch nicht als Norm für Neubauten hinstellen, sondern sie nur da empfehlen, wo die decorative Ausschmückung der Zimmer es nicht gestattet, ausserhalb auf den Wänden und Decken die Drähte zu befestigen. Mitunter wird man auch in der Lage sein, einzelne Leitungsstrecken dadurch unsichtbar zu machen, dass man sie in den Wandputz legt.

Man reisst hierzu zwei etwa 10 cm von einander entfernte schmale Rinnen in den Putz und befestigt die wassersicher isolirten Drähte mit kleinen Holzklammern, worauf die Leitungen wieder verputzt werden. Die Bleischaltungen befestigt man auf eingegypsten Holzdübeln so, dass ihre Oberfläche noch aus dem Wandputze hervorragt, damit die Bleistöpsel leicht zugänglich bleiben. Selbst bei ganz trockenen Wänden ist stets eine Gummiunterlage den Bleischaltern zu geben, damit Feuchtigkeit nicht leicht zu den Metalltheilen dringen kann.

Im Allgemeinen verlege man principiell so viel wie irgend möglich die Leitungen so, dass sie zur Revision und für spätere Veränderungen

stets zugänglich sind. Man nehme das beste Material und liefere die beste Arbeit, das ist hier immer auch das Billigste.

Legt der Besteller einer Anlage das Hauptgewicht auf die Billigkeit, so lässt sich dieselbe zwar durch geringeres Material, blanke Drähte und weniger elegante Arbeit bis zu einem gewissen Grade erzielen, der Betrieb wird dadurch aber entschieden nicht billiger. Kraftverluste in minderwerthigem Kupfer z. B. und Störungen im Betriebe sind kaum zu vermeiden, auch kann man ja das Kupferquantum der Leitungen durch Verringerung der Querschnitte (also durch Vergrösserung des Kraftaufwandes) reduciren — rationell wird solches Vorgehen nur selten sein. Ein einsichtsvoller Bauherr wird solchen Umständen Rechnung tragen und dem Rathe des Fachmannes folgen. Leuten allerdings, die Alles besser verstehen und selbst in der noch so neuen und von anderen Branchen abweichenden Elektrotechnik Bescheid zu wissen glauben, ist nicht zu helfen, sie bezahlen eben für die Anlage weniger, haben jedoch einen um so theuereren Betrieb und schliesslich noch häufige Reparaturen.

Einführungen und Durchführungen in gemauerten Wänden bewirke man stets nur mit Hartgummi-, Glas- oder Porzellanrohren. Für gewöhnlich genügen zwei Rohrsorten, eine starke von 10 mm Weite und 5 mm Wandstärke, eine schwache von 8 mm Weite und gleicher Wandstärke. Das Hartgummirohr ist allen anderen vorzuziehen, weil es sich leichter wie Glas und Porzellan bearbeiten lässt und nicht leicht bricht, abgesehen von den sonstigen elektrischen Eigenschaften. Die Rohre

sollen womöglich in einem Stücke hindurchgehen. Ist man gezwungen, anzustückeln, so mache man den Stoss mit konischem Zapfen, welcher mit Chatterton's Compound zu verkleben und mit Isolirband zu umwickeln ist. Die Enden lasse man mindestens 3 cm aus den Wandflächen hervorstehen und entferne sorgfältig nach dem Einmauern allen daranhaftenden Kalk oder Gyps. Nur auf diese Weise erzielt man die gute Isolirung eines durch eine Wand gehenden Drahtes, worauf mehrfach auch schon im XVI. Bande dieser Bibliothek und an anderen Orten dieses Bandes hingewiesen ist.

Mit nicht minderer Sorgfalt sind diejenigen Stellen zu behandeln, auf welchen senkrecht gehende Drähte durch die Zwischendecken der Stockwerke zu führen sind. Es ist hier vielleicht noch mehr Sorgfalt zu verwenden, als bei den oben besprochenen Wanddurchführungen, weil hier sehr leicht durch Zufall oder Nachlässigkeit Feuchtigkeit hineingerathen kann und solche Stellen dem Auge entzogen, auch schwer zugänglich sind. Sehr zu empfehlen ist die Anlage eines etwa 20 cm breiten und etwa 10 cm tiefen Canales, der mit Holz ausgekleidet wird. In demselben befestigt man die Drähte an Porzellanrollen oder zieht sie durch die oben besprochenen Rohre, welche man in passender Länge am Holze befestigt.

Die für solche Zwecke sehr beliebte Anwendung von Gummischlauch aus vulcanisirtem Kautschuk ist im Allgemeinen überhaupt zu verwerfen, weil derselbe mit der Zeit Risse bekommt, brüchig wird und Feuchtigkeit auf seiner rauhen Oberfläche lange haftet. Nur ausnahmsweise, besonders an ganz trockenen Orten, ist seine Anwendung statthaft.

Kreuzungen und Abzweigungen, welche Bleischalter nicht erhalten, schützt man principiell durch kleine, zweitheilige Holzblöcke nach Art und Grösse der Bleischalter, damit die Drähte sich weder berühren noch verschieben können. Kreuzungen von schwachen Lampenzuführungen sichert man durch kleine, 4 cm im Quadrate grosse Stücke Asbestpappe.

Verlegen der Leitungen.

Bei grösseren Anlagen disponirt man für schnelles Arbeiten am besten drei Colonnen. Die eine Abtheilung mauert die Fundamente und montirt die Motoren sowie Lichtmaschinen, die zweite baut die Hauptleitungen und die dritte verlegt die zu den Lampen führenden Abzweigungen, wobei die Arbeit so zu fördern ist, dass bald nach Anbringung eines Theiles der Lampen eventuell der Betrieb beginnen kann. Rathsam ist dies allerdings nur dann, wenn man sehr zuverlässige Leute hat, welche so gewissenhaft arbeiten, dass Betriebsstörungen in Folge Nachlässigkeit bei der Montage nicht zu erwarten stehen.

Sind nur einzelne Gebäude zu beleuchten, so fängt man am besten mit den letzten Lampen der obersten Etage an und arbeitet rückwärts schreitend nach unten. Bei dieser Arbeitsweise zieht man nicht unnöthig lange Hauptleitungen und kann die Abzweige leicht genau senkrecht zu den Hauptdrähten führen.

Lampenfassungen, Umschalter und Bleisicherungen sind vor Anbringung genau auf ihre Brauchbarkeit und auf richtiges Functioniren mit dem Auge und mit dem Galvanometer zu prüfen; in gleicher Weise ist zu unter-

suchen, ob die Drähte in den Beleuchtungskörpern nach Anbringen der Lampenfassungen unter sich oder mit dem sie umgebenden Metallrohre Contact haben.

Jeder Abzweig ist nach seiner Fertigstellung, jedoch vor dem Einhängen der Glühlampen, auf Isolation und Nebenschluss mit guten, sehr empfindlichen Apparaten gewissenhaft zu prüfen. Fehler, die hierbei entdeckt werden, sind sofort aufzusuchen und zu beheben. Ebenso prüft man jede Hauptleitung vor Anschluss der Abzweige.

Bei kleineren Anlagen wartet man am sichersten mit dem Beginne des Betriebes so lange, bis die ganze Anlage fertig ist, prüft dann sorgfältig mit dem Auge und mit dem Instrumente die ganze Anlage und setzt dann erst die Lampen ein. Die Anwendung bipolarer Bleischalter erleichtert solche Untersuchungen ungemein, weil man jeden Abzweig völlig und schnell durch Herausnehmen der Bleistöpsel von der ganzen Anlage trennen kann.

Das Strecken der Leitungen geschieht am besten so, dass man die stärkeren Drähte auf dem Boden langsam aufrollt und nicht in einzelnen Ringen von der ganzen Rolle abhebt; nur dann ist es leicht, die Drähte möglichst gerade zu bekommen und straff anzuziehen. Die schwächsten Drahtsorten gibt man am besten vor dem Gebrauche auf kleine Holzrollen, von denen sie sich leicht bei der Arbeit abwickeln lassen.

Drahtseile werden auf Trommeln geliefert und wie die Kabel auf Karren transportirt, von denen sie wie letztere abzurollen sind.

Inbetriebsetzen der Anlage.

Nach genauer Prüfung der Leitungen, Lichtmaschinen und Motoren lässt man zunächst die Maschinen leer (ohne Strom) bei Ausschaltung der Leitungen laufen. Sind die Lager eingelaufen, so dass sie nicht mehr warm werden, functioniren die Schmiergefässe gut, und laufen die Riemen bei richtiger Spannung gerade und sicher, so schaltet man die Leitungen ein und steigert die Geschwindigkeit ganz allmälig, bis die Lampen bei circa 40 Volt schwach zu glühen anfangen. Mit dieser Geschwindigkeit arbeitet man nun zunächst einige Zeit und überzeugt sich, ob Alles in Ordnung ist, erst dann geht man auf circa 98 Volt und stellt mit einem Tourenzähler die Geschwindigkeit der Maschinen fest. Für die stete Beobachtung der Betriebsspannung eignet sich am besten der Uppenborn'sche Spannungsmesser. Derselbe ist klein, enthält keinen Stahlmagneten, hinreichend genau und preiswerth.

Bei Compounddynamos dauert es längere Zeit, bis der Strom sich in genügender Stärke entwickelt; hat die Maschine jedoch eine grössere Geschwindigkeit erreicht, so wachsen Spannung und Stromstärke sehr schnell, man muss also stets vorsichtig bei den ersten Proben die Maschinen anlassen. Bei den Edisonmaschinen kann man die Entwickelung des Stromes durch Ausschalten des Widerstandes im Stromregulator beschleunigen, muss dann aber bei der beabsichtigten Spannung schnell die Kurbel in die richtige Stellung bringen.

Für eine allgemeine Orientirung über die zur Glühlichtbeleuchtung erforderlichen Arbeiten dürfte das Ge-

botene genügen, die Details ergeben sich vielfach bei einiger Aufmerksamkeit und planmässigem Vorgehen von selber; ohne unausgesetztes eigenes Beobachten und Ueberlegen wird man möglichst Vollkommenes nicht leisten können. Die praktische Erfahrung ist hier der beste Lehrmeister.

Nachtrag.

Der Einfluss der Gewitter auf die Telegraphenanlagen und die Beschädigungen der letzteren durch Blitzschlag.*) In den Jahren 1882 und 1883 sind seitens der deutschen Reichs-Telegraphenverwaltung specielle Ermittelungen über die Zahl der vorgekommenen Gewitter und die dadurch herbeigeführten Beschädigungen der Telegraphenanlagen angestellt worden. Danach sind auf den verschiedenen Telegraphenanstalten beobachtet:

	1882	1883
Gewitter	2684	2064
Schadengewitter . .	506	495
Beschädigungsfälle .	2261	2046

Eine Beschädigung der grossen unterirdischen Leitungen durch Gewitter ist nicht vorgekommen; die Beschädigungen erstrecken sich auf die oberirdischen Telegraphenanlagen und die Stationseinrichtungen; es wurden beschädigt:

	1882	1883
Telegraphenstangen	1093	1062
Isolatoren	282	203

*) Elektrotechnische Zeitschrift. Berlin 1884, S. 151. Die Angaben beziehen sich nur auf die Verkehrs-Telegraphenanlagen, nicht auf die Stadt-Fernsprechanlagen.

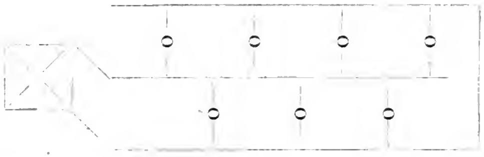
	1882	1883
Galvanoskope (in den Localen) . . .	122	89
Fernsprecher desgl. . . .	25	11
Morseapparate desgl. . . .	15	13
Leitungsdrähte, abgeschmolzen	30	17
Blitzableiter (zum grössten Theile in den Localen)	672	634
Sonstige Theile der Anlagen	22	27

Die Zahl der hiernach beschädigten Constructionstheile zu der Zahl der überhaupt vorhandenen ergibt nur einen ganz geringen Bruchtheil eines Percents, so z. B. für die Stangen 0·12, für Isolatoren 0·01 etc. Eine Ausnahme machen die Blitzableiter; von diesen sind 12 Percent beschädigt worden; doch können diese Beschädigungen nicht als eigentliche Schäden bezeichnet werden, weil die Einrichtungen in diesen Fällen eben lediglich ihren Zweck erfüllt, d. h. eine Beschädigung anderer Constructionstheile abgewendet haben. — Im Grossen und Ganzen kann also der Schaden, welcher den Telegraphenanlagen durch Blitzschlag zugefügt wurde, als ein relativ geringer bezeichnet werden.

NACHTRAG

zu Band XVI der elektrotechnischen Bibliothek.

Fig. 35 auf Seite 86 ist wie nachstehend zu corrigiren.



Seite	151:	2.	Zeile	von oben	»des« statt dse.
»	173:	16.	»	»	»	»wendet« statt wendete.
»	174:	4.	»	»	»	lies »nicht im Hause«.

NACHTRAG

zu Band XXIV der elektrotechnischen Bibliothek.

Seite	39:	7. Zeile.	Will man Leitungen derartig vereinigen, dass die Verbindung nicht sichtbar ist, so schrägt man die Enden ab und verlöthet sie mit Silber oder Schlagloth.
»	74:	5. »	lies »Abstecken«.
»	111:	2. »	Hall's Patent in Manchester beschreibt einen Apparat »Earth Alarum« for electric circuits, welcher den Erdschluss von Glühlichtleitungen durch Leuchten einer Lampe und Alarmsignal einer Glocke anzeigt.
»	151:	Tabelle.	Ueberschrift lies 1 m käufliches Kupfer von 0·1 mm Durchmesser zu 2·1176 Ohm.

Index.

Schluss.

Der vorliegende Band, welcher in gewissem Sinne eine Ergänzung des XVI. Bandes der elektrotechnischen Bibliothek ist, bewahrt jedoch vollkommen die Tendenz des ganzen Unternehmens, er bildet in sich ein abgeschlossenes Ganzes und bringt einzelne Capitel sogar noch ausführlicher, als dies im ersteren Bande möglich war.

Die Unterhaltung elektrischer Leitungen greift so vielfach in den inneren Betrieb mit dessen Einrichtungen ein und ist so innig mit ihm verbunden, dass es geboten schien, auch hierauf bis zu einer gewissen Grenze einzugehen, um das Verständniss für die verschiedenen Arbeiten zu erleichtern. So dürfte die Behandlung von elektrischen Anlagen mit Maschinenbetrieb eine willkommene Zugabe bilden. Auch hier, wie im XVI. Bande, ist Verfasser bemüht gewesen, nur wirklich in der Praxis Erprobtes zu bringen und durch zahlreiche Tabellen und Hinweisung auf andere Werke ein für Praxis und Studium angenehmes Werk zu schaffen.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Elektrotechnische Literatur.

W. BISCAN, Kleines Handwörterbuch, enthaltend das Wichtigste aus der Lehre der Elektricität. Mit 70 Abbildungen. 6 Bog. Octav. Gebunden . . . . fl. —.80 = Mk. 1.50.

A. HARTLEBEN'S Verzeichniss der neuesten Erscheinungen aus dem Gebiete der Elektricität, Elektrotechnik, Physik, Chemie und Mechanik, der gebräuchlichsten technologischen Sprachwörterbücher, der gelesensten Fachzeitschriften und periodisch erscheinenden Werke. 7 Bogen. Octav. Geheftet und beschnitten . . . . fl. —.80 = Mk. 1.50.

J. KRÄMER und **Dr. E. LECHER, Bericht über die Elektrische Ausstellung in Wien 1883.** Mit 500 Abbildungen. [Band-Ausgabe der Internat. Zeitschrift über die Elektrische Ausstellung in Wien 1883.] 50 Bogen, 400 Seiten, Quart. Eleganter Leinwandband. Mit Carton . . . . fl. 6.— = Mk. 12.—.

LUIGI PALMIERI, Die atmosphärische Elektricität. Mit Zustimmung des Verfassers aus dem Italienischen übersetzt von Heinrich Discher. Mit 8 Abbildgn. 4 Bogen. Octav. Geheftet fl. —.50 = Mk. 1.—.

JOSEF POPPER, Die physikalischen Grundsätze der elektrischen Kraftübertragung. Eine Einleitung in das Studium der Elektrotechnik. Mit einer Figurentafel. 4 Bogen. Gr. Octav. Geheftet fl. —.80 = Mk. 1.50

J. SACK, Der Druck-Telegraph Hughes. Seine Behandlung und Bedienung. Speciell für Telegraphen-Beamte. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 48 Abbildungen. 10 Bogen. Octav. Geheftet . . . . fl. 1.20 = Mk. 2.25.

TH. SCHWARTZE, E. JAPING und **A. WILKE, Die Elektricität.** Eine kurze und verständliche Darstellung der Grundgesetze sowie der Anwendungen der Elektricität zur Kraftübertragung, Beleuchtung. Galvanoplastik, Telegraphie und Telephonie. Für Jedermann geschildert. Mit 163 Abbildungen. 10 Bogen Octav. Cartonnirt . . . . fl. —.50 = Mk. 1.—.

Dasselbe eleg. gebunden . . . . fl. —.65 = Mk. 1.25.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.